**Τεχνική Οδηγία**

**για τη σύνδεση Μονάδων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας στο ΕΣΜΗΕ**

**Ανεξάρτητος Διαχειριστής Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας**

**Διεύθυνση Στρατηγικής & Ανάπτυξης Συστήματος**

**Logo

Description automatically generated**

**Πίνακας Περιεχομένων**

[1 Σκοπός 1](#_Toc137142862)

[1.1 Τεχνολογίες Μονάδων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής ενέργειας 2](#_Toc137142863)

[1.2 Τυπολογία και τοπολογίες σύνδεσης Μονάδων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας 3](#_Toc137142864)

[2 Γενικές προδιαγραφές εγκατάστασης 5](#_Toc137142865)

[3 Εύρος λειτουργίας Μονάδων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας 9](#_Toc137142866)

[3.1 Εύρος λειτουργίας συχνότητας 9](#_Toc137142867)

[3.2 Εύρος λειτουργίας τάσεως 9](#_Toc137142868)

[3.3 Εύρος λειτουργίας συχνότητας και τάσεως στη μόνιμη κατάσταση 10](#_Toc137142869)

[3.4 Ικανότητα αντοχής στον ρυθμό μεταβολής της συχνότητας (RoCoF) 12](#_Toc137142870)

[3.5 Ανίχνευση απώλειας κύριας τροφοδότησης (Loss of Mains – LoM) 12](#_Toc137142871)

[4 Απαιτήσεις ρύθμισης ενεργού ισχύος 13](#_Toc137142872)

[5 Απαιτήσεις ελέγχου συχνότητας 15](#_Toc137142873)

[5.1 Λειτουργία περιορισμένης ευαισθησίας συχνότητας – υπερσυχνότητα (LFSM-O) 15](#_Toc137142874)

[5.2 Λειτουργία περιορισμένης ευαισθησίας συχνότητας – υποσυχνότητα (LFSM-U) 18](#_Toc137142875)

[5.3 Λειτουργία ευαισθησίας συχνότητας (FSM) 20](#_Toc137142876)

[6 Ικανότητα αέργου ισχύος 26](#_Toc137142877)

[7 Έλεγχος αέργου ισχύος 31](#_Toc137142878)

[7.1 Λειτουργία ελέγχου τάσεως 31](#_Toc137142879)

[7.2 Λειτουργία ελέγχου αέργου ισχύος 33](#_Toc137142880)

[7.3 Λειτουργία ελέγχου συντελεστή ισχύος 33](#_Toc137142881)

[8 Απαιτήσεις Ευρωστίας 35](#_Toc137142882)

[8.1 Ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε σφάλμα 35](#_Toc137142883)

[8.2 Αποκατάσταση ενεργού ισχύος μετά από σφάλμα 36](#_Toc137142884)

[8.3 Ικανότητα έγχυσης ταχέως αέργου ρεύματος (FFRC) 37](#_Toc137142885)

[8.4 Ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε υψηλή τάση 40](#_Toc137142886)

[9 Συνθήκες Σύνδεσης και Αποκατάσταση Συστήματος 43](#_Toc137142887)

[9.1 Συγχρονισμός 43](#_Toc137142888)

[9.2 Αυτόματη αποσύνδεση εξαιτίας απώλειας ευστάθειας γωνίας ή απώλειας ελέγχου 43](#_Toc137142889)

[9.3 Αυτόματη επανασύνδεση έπειτα από απρόβλεπτη αποσύνδεση 43](#_Toc137142890)

[9.4 Ικανότητα επανεκκίνησης μετά από ολική σβέση (Black Start) 44](#_Toc137142891)

[9.5 Ικανότητα συμμετοχής σε απομονωμένη λειτουργία (νησιδοποίηση) 45](#_Toc137142892)

[9.6 Ικανότητα ταχέος επανασυγχρονισμού 45](#_Toc137142893)

[10 Μοντέλα Προσομοίωσης 45](#_Toc137142894)

[10.1 Μοντέλο προσομοίωσης μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρισμού (ESU) 45](#_Toc137142895)

[10.2 Μοντέλο προσομοίωσης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ESM) 47](#_Toc137142896)

[10.3 Μοντέλο της μονάδας ελέγχου του σταθμού (Power Plant Controller) 48](#_Toc137142897)

[11 Ανταλλαγή πληροφοριών 49](#_Toc137142898)

[11.1 Δεδομένα πραγματικού χρόνου 49](#_Toc137142899)

[11.1.1 Αναλογικά σήματα 49](#_Toc137142900)

[11.1.2 Ψηφιακά σήματα 50](#_Toc137142901)

[12 Μονάδα ελέγχου σταθμού (Power Plant Controller) 52](#_Toc137142902)

[13 Γενικές αρχές σχεδιασμού προστασίας 55](#_Toc137142903)

[13.1 Ευθύνες του ΑΔΜΗΕ 56](#_Toc137142904)

[13.2 Ευθύνες του Ιδιοκτήτη του σταθμού 56](#_Toc137142905)

[14 Έλεγχος συμμόρφωσης 58](#_Toc137142906)

[14.1 Ευθύνες των εμπλεκόμενων μερών 58](#_Toc137142907)

[14.1.1 Ευθύνες, υποχρεώσεις και δικαιώματα του ΑΔΜΗΕ 58](#_Toc137142908)

[14.1.2 Ευθύνες, υποχρεώσεις και δικαιώματα του ιδιοκτήτη της μονάδας 59](#_Toc137142909)

[14.1.3 Ειδικές μελέτες 59](#_Toc137142910)

[14.1.4 Εμπιστευτικότητα 60](#_Toc137142911)

[14.1.5 Παρεκκλίσεις 60](#_Toc137142912)

[15 Παραρτήματα 61](#_Toc137142913)

[15.1 Ορισμός των παραμέτρων δυναμικής απόκρισης 61](#_Toc137142914)

[15.2 Αναλογικά και ψηφιακά σήματα για μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ESM) 62](#_Toc137142915)

[16 Αναφορές 64](#_Toc137142916)

**Σημείωση ΑΔΜΗΕ**

Η εγκατάσταση συστημάτων αποθήκευσης ενέργειας από συσσωρευτές (battery energy storage systems – BESS) στην Ελλάδα απαιτεί τον ορισμό τεχνικών απαιτήσεων σύνδεσης για την αντιμετώπιση των αναγκών του συστήματος και την ασφαλή λειτουργία του.

Στον υφιστάμενο Κώδικα Διαχείρισης του ΕΣΜΗΕ, δεν προβλέπονται τεχνικές απαιτήσεις για τις μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας[[1]](#footnote-2). Η αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας είναι επίσης εκτός του πεδίου εφαρμογής των Ευρωπαϊκών Κωδίκων Δικτύου (Connection Network Codes – CNC) του ENTSOe [[2]](#footnote-3).

Η παρούσα Τεχνική Οδηγία καθορίζει ελάχιστες τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (electricity storage modules – ESM) στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) των 150/400 kV. Η Τεχνική Οδηγία αφορά τις τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και τις τοπολογίες σύνδεσης των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας της Ενότητας 1.

Οι απαιτήσεις βασίζονται στις προτάσεις του Expert Group Storage (EG Storage) του ENTSOe (<https://www.entsoe.eu/network_codes/cnc/expert-groups/>) καθώς και σε προσχέδια τροποποιήσεων των Κανονισμών NC-RfG και NC-DCC που ισχύουν σήμερα, τα οποία ετοιμάστηκαν από το ENTSOe και υποβλήθηκαν στον ACER για έγκριση (Νοέμβριος 2022) και δεν μπορούν να θεωρηθούν ως μέρος των υφιστάμενων Ευρωπαϊκών Κωδίκων Δικτύου.

Ο ΑΔΜΗΕ διατηρεί το δικαίωμα να τροποποιήσει το περιεχόμενο της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας σύμφωνα με τις τεχνικές απαιτήσεις που καθορίζονται από τον Κανονισμό (ΕΕ) 2016/631 (NC-RfG) που είναι σε ισχύ ή από οποιονδήποτε άλλο Ευρωπαϊκό Κανονισμό τον αντικαταστήσει ή συμπληρώσει ή από οποιαδήποτε άλλη τεχνική απαίτηση οριστεί από τον ΑΔΜΗΕ.

**Ορισμοί**

*«μονάδα ηλεκτροπαραγωγής»: μια σύγχρονη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής ή μια μονάδα πάρκου ισχύος·*

*«κύριος εξοπλισμός ηλεκτροπαραγωγής»: ένα ή περισσότερα κύρια στοιχεία του εξοπλισμού που απαιτείται για τη μετατροπή πηγής πρωτογενούς ενέργειας σε ηλεκτρική*

*«Μονάδα* *γεννήτριας»: η μικρότερη οντότητα μιας μονάδας ηλεκτροπαραγωγής που μπορεί να είναι μια σύγχρονη γεννήτρια που συνδέεται στο δίκτυο, ένας μετατροπέας φωτοβολταϊκού σταθμού, μια ανεμογεννήτρια με ασύγχρονη γεννήτρια διπλής τροφοδότησης, μια ανεμογεννήτρια πλήρους μετατροπέα (τύπου 4) ή κάτι παρόμοιο.*

*«σύγχρονη μονάδα ηλεκτροπαραγωγής»: αδιαίρετη δέσμη εγκαταστάσεων που μπορούν να παράγουν ηλεκτρική ενέργεια κατά τρόπο ώστε η συχνότητα της παραγόμενης τάσης, οι στροφές της γεννήτριας και η συχνότητα τάσης του δικτύου ακολουθούν σταθερό λόγο, και, ως εκ τούτου, είναι συγχρονισμένες·*

*«μονάδα πάρκου ισχύος»: μονάδα ή συγκρότημα μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, που συνδέεται με το δίκτυο είτε μη συγχρονισμένα είτε μέσω ηλεκτρονικών ισχύος, και, επιπλέον, έχει ένα μόνο σημείο σύνδεσης με σύστημα μεταφοράς, σύστημα διανομής, συμπεριλαμβανομένου κλειστού συστήματος διανομής, ή σύστημα HVDC·*

*«σύγχρονη μονάδα γεννήτριας»: AC γεννήτρια μαζί με τον σχετικό κίνησης, ελεγκτή στροφών και ισχύος, ελεγκτή τάσης, σύστημα ελέγχου διέγερσης, συμπεριλαμβανομένης, κατά περίπτωση, μιας λειτουργίας σταθεροποιητή συστήματος ενέργειας·*

*«**μονάδα γεννήτριας πάρκου ισχύος»: μια μονάδα γεννήτριας σε μια μονάδα πάρκου ισχύος*

*«εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής»: εγκατάσταση η οποία μετατρέπει πρωτογενή ενέργεια σε ηλεκτρική και η οποία περιλαμβάνει μία ή περισσότερες μονάδες ηλεκτροπαραγωγής συνδεδεμένες σε δίκτυο, σε ένα ή περισσότερα σημεία σύνδεσης·*

*«ιδιοκτήτης εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής»: φυσικό ή νομικό πρόσωπο που έχει στην κατοχή του εγκατάσταση ηλεκτροπαραγωγής*

*«σημείο σύνδεσης»: η διεπαφή όπου μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, εγκατάσταση ζήτησης, σύστημα διανομής ή σύστημα HVDC συνδέεται με σύστημα μεταφοράς, υπεράκτιο δίκτυο, σύστημα διανομής, συμπεριλαμβανομένων των κλειστών συστημάτων διανομής, ή σύστημα HVDC, όπως προσδιορίζεται στη συμφωνία σύνδεσης*

*«μέγιστη ισχύς» ή «Pmax»: η μέγιστη συνεχής ενεργός ισχύς την οποία μπορεί να παραγάγει μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, μείον οποιαδήποτε ζήτηση σχετίζεται αποκλειστικά και μόνο για τη διευκόλυνση της λειτουργίας της εν λόγω μονάδας ηλεκτροπαραγωγής και η οποία δεν εγχέεται στο δίκτυο, όπως προδιαγράφεται στη συμφωνία σύνδεσης ή όπως έχει συμφωνηθεί μεταξύ του οικείου διαχειριστή συστήματος και του ιδιοκτήτη της εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής·*

*«ελάχιστο επίπεδο ρύθμισης» ή «Pmin»: η ελάχιστη ενεργός ισχύς, όπως προδιαγράφεται στη συμφωνία σύνδεσης ή όπως έχει συμφωνηθεί μεταξύ του οικείου διαχειριστή συστήματος και του ιδιοκτήτη της εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής, μέχρι την οποία η μονάδα ηλεκτροπαραγωγής είναι δυνατόν να ελέγχει την ενεργό ισχύ·*

*«αντλησιοταμιευτήρας»: υδροηλεκτρική μονάδα με ικανότητα άντλησης υδάτων και αποθήκευσής τους σε μεγαλύτερο υψόμετρο προκειμένου να χρησιμοποιούνται για την παραγωγή ηλεκτρικής ενέργειας*

*«εφεδρείες διατήρησης συχνότητας» ή «ΕΔΣ» (FCR): οι εφεδρείες ενεργού ισχύος που είναι διαθέσιμες για τη συγκράτηση της συχνότητας του συστήματος μετά την εμφάνιση ανισορροπίας ισοζυγίου ισχύος·*

*«εφεδρείες αποκατάστασης συχνότητας» ή «ΕΑΣ» (FRR): οι εφεδρείες ενεργού ισχύος που είναι διαθέσιμες για να αποκαταστήσουν τη συχνότητα του συστήματος στην ονομαστική συχνότητα και, για σύγχρονη περιοχή που αποτελείται από περισσότερες από μία περιοχές ΕΦΣ, για να αποκαταστήσουν το ισοζύγιο ισχύος στην προγραμματισμένη τιμή·*

*«περιοχή ελέγχου φορτίου-συχνότητας» ή «περιοχή ΕΦΣ» (LFC area): τμήμα σύγχρονης περιοχής ή ολόκληρη σύγχρονη περιοχή, φυσικώς οριοθετούμενη από σημεία μέτρησης σε διασυνδετικές γραμμές προς άλλες περιοχές ΕΦΣ, τη διαχείριση της οποίας ασκεί ένας ή περισσότεροι Διαχειριστές Συστήματος Μεταφοράς που εκπληρώνουν τις υποχρεώσεις ελέγχου φορτίου- συχνότητας·*

*«περιοχή παρατηρησιμότητας»: το σύστημα μεταφοράς και τα σημαντικά μέρη συστημάτων διανομής και γειτονικών συστημάτων μεταφοράς τα οποία ο Διαχειριστής Συστήματος Μεταφοράς παρακολουθεί και μοντελοποιεί σε πραγματικό χρόνο για τη διατήρηση επιχειρησιακής ασφάλειας στην περιοχή ελέγχου του, συμπεριλαμβανομένων των γραμμών διασύνδεσης·*

*“k-factor”: ο λόγος (ΔIQ/Ir)/(ΔU/Un), όπου ΔIQ είναι η μεταβολή αέργου ρεύματος μιας μονάδας γεννήτριας πάρκου ισχύος σε μια μεταβολή ΔU της τάσεως στους ακροδέκτες της μονάδας γεννήτριας πάρκου ισχύος και Un και Ir είναι η ονομαστική τάση και το ονομαστικό ρεύμα της μονάδας γεννήτριας του πάρκου ισχύος. Αυτός ο λόγος, ορίζει το ρεύμα σφάλματος μιας μονάδας γεννήτριας πάρκου ισχύος σε σχέση με την παραμένουσα τάση κατά τη διάρκεια ενός σφάλματος.*

*«αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας»: η μετατροπή της ηλεκτρικής ενέργειας σε μια άλλη (ενδιάμεση) μορφή ενέργειας που μπορεί να αποθηκευτεί, η αποθήκευση αυτής της ενέργειας και η εκ νέου μετατροπή αυτής της ενέργειας σε ηλεκτρική ενέργεια*

*«μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας» (electricity storage module – ESM): μονάδα ηλεκτροπαραγωγής που μπορεί να εγχέει και να απορροφά ηλεκτρική ενέργεια προς και από το δίκτυο για αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, με εξαίρεση τους αντλησιο-ταμιευτήρες*

*«μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρισμού» ή “ESU”: μονάδα ηλεκτροπαραγωγής σε μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας*

*«μέγιστη ισχύς κατανάλωσης»: η μέγιστη συνεχής ενεργός ισχύς που μπορεί να καταναλώσει μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, μείον τυχόν ζήτηση ή απώλειες που σχετίζονται αποκλειστικά με τη διευκόλυνση της λειτουργίας της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας, όπως ορίζεται στη συμφωνία σύνδεσης ή όπως συμφωνείται μεταξύ του διαχειριστή συστήματος και του ιδιοκτήτη της εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής.*

*«Κατάσταση φόρτισης» (State Of Charge – SOC): η διαθέσιμη αποθηκευμένη ενέργεια, εκφρασμένη σε ποσοστό (%) της ονομαστικής αποθηκευτικής ικανότητας μιας μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας*

*«μέγιστος ρυθμός φόρτισης» ή “Rch”: το μέγιστο όριο του ρυθμού μεταβολής ισχύος που μπορεί να επιτύχει μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη φόρτιση, σε MW/min*

*«μέγιστος ρυθμός εκφόρτισης» ή “Rdis”: το μέγιστο όριο του ρυθμού μεταβολής ισχύος που μπορεί να επιτύχει μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά την εκφόρτιση, σε MW/min*

*«Μονάδα Ελέγχου Σταθμού Παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας»: μια διάταξη ελέγχου που καταγράφει τη διαφορά μεταξύ των επιθυμητών και των πραγματικών τιμών διαφόρων ελεγχόμενων ηλεκτρικών μεγεθών (π.χ. τάση, ενεργός ή άεργος ισχύς) στο σημείο σύνδεσης με το δίκτυο, αντλεί τις πληροφορίες για τον τρόπο μεταβολής μιας ελεγχόμενης μεταβλητής και τις διαβιβάζει στις ελεγχόμενες μονάδες παραγωγής ή στα συνιστώντα μέρη της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής. Μια Μονάδα Ελέγχου Σταθμού Παραγωγής μπορεί να ελέγχει πολλές άλλες Μονάδες Ελέγχου Σταθμού Παραγωγής σε ένα ιεραρχικό σχήμα "master-slave".*

*«Εξουσιοδοτημένος φορέας πιστοποίησης» ή «σώμα πιστοποίησης»: φορέας που εκδίδει πιστοποιητικά εξοπλισμού και έγγραφα μονάδων ηλεκτροπαραγωγής, του οποίου η διαπίστευση χορηγείται από το εθνικό μέλος της Ευρωπαϊκής Συνεργασίας για τη Διαπίστευση (ΕΣYΔ), η οποία ιδρύθηκε δυνάμει του κανονισμού (ΕΚ) αριθ. 765/2008 του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου [[3]](#footnote-4);*

*«**πιστοποιητικό εξοπλισμού»: έγγραφο που έχει εκδώσει εξουσιοδοτημένος φορέας πιστοποίησης για εξοπλισμό χρησιμοποιούμενο από μονάδα ηλεκτροπαραγωγής, και το οποίο βεβαιώνει ότι ο συγκεκριμένος εξοπλισμός είναι συμβατός με μια τεχνική απαίτηση, πρόβλεψη Κώδικα Δικτύου ή διεθνές πρότυπο. Το πιστοποιητικό εξοπλισμού μπορεί να περιλαμβάνει μοντέλα προσομοίωσης εξακριβωμένα από φορείς πιστοποίησης βάσει αποτελεσμάτων πραγματικών δοκιμών.*

*«ΑΔΜΗΕ»: ο Διαχειριστής του Ελληνικού Συστήματος Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας*

*«ΔΕΔΔΗΕ»: ο Διαχειριστής του Ελληνικού Δικτύου Διανομής Ηλεκτρικής Ενέργειας*

# Σκοπός

Το παρόν έγγραφο καθορίζει τεχνικές απαιτήσεις για τη σύνδεση Μονάδων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (Electricity Storage Modules – ESM) στο Ελληνικό Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας (ΕΣΜΗΕ) οι οποίες ταξινομούνται ως κατηγορίας σημαντικότητας τύπου Δ σύμφωνα με τους ορισμούς και τα κριτήρια που ορίζονται στα Άρθρα 4 και 5 του Κανονισμού 631/2016/ΕΕ (NC-RfG) για μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, όπως τροποποιήθηκαν με την Απόφαση ΡΑΕ 1165/2020. Η ταξινόμηση βασίζεται στο επίπεδο τάσης στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ και τη μέγιστη χωρητικότητα της ESM (Pmax), σύμφωνα με τις τιμές κατωφλίου που δίνονται στον Table 1 και στην Figure 1.

**Table 1: Καθορισμός σημαντικότητας τύπου Α, Β, Γ και Δ για μονάδες ηλεκτροπαραγωγής**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Τύπος** | **Ονομαστική τάση στο σημείο σύνδεσης** | **Κατώφλια μέγιστης ισχύος** |
| Α | < 110 kV | 0,8 kW ≤ Pmax < 1 MW |
| Β | < 110 kV | 1 MW ≤ Pmax < 20 MW |
| Γ | < 110 kV | 20 MW ≤ Pmax <75 MW |
| Δ | ≥ 110 kV | Pmax ≥75 MW |



**Figure 1: Καθορισμός σημαντικότητας τύπου Α, Β, Γ και Δ για μονάδες ηλεκτροπαραγωγής**

## Τεχνολογίες Μονάδων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής ενέργειας

Οι τεχνικές απαιτήσεις σύνδεσης αφορούν Μονάδες Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας (ESM) που αποτελούνται από μια ή περισσότερες Μονάδες Αποθήκευσης Ηλεκτρισμού (Electricity Storage Units – ESU) οι οποίες:

* χρησιμοποιούν τεχνολογίες που επιτρέπουν την απορρόφηση ηλεκτρικής ενέργειας από το ηλεκτρικό δίκτυο, τη μετατροπή και αποθήκευσή της σε κάποια άλλη ενδιάμεση μορφή ενέργειας (energy carrier) και την εκ νέου μετατροπή της αποθηκευμένης ενέργειας σε ηλεκτρική και την διάθεσή της πίσω στο ηλεκτρικό δίκτυο σε κάποια άλλη χρονική στιγμή.
* επιτρέπουν την ελεγχόμενη ενεργοποίηση των κύκλων φόρτισης (κατανάλωσης – απορρόφησης), και εκφόρτισης (έγχυσης – παραγωγής) και ρυθμίζουν την εγχεόμενη ή απορροφούμενη ενεργό ισχύ σύμφωνα με εντολές κατανομής που εκδίδει ο ΑΔΜΗΕ.

Τέτοιες τεχνολογίες δύναται να είναι (ενδεικτικά και όχι εξαντλητικά) ηλεκτροχημικοί συσσωρευτές μεγάλης ισχύος (utility scale batteries) κάθε τύπου ή χημείας, υπερπυκνωτές (supercapacitors) και υπεραγώγιμα πηνία (Superconducting Magnetic Energy Storage).

Οι παρούσες τεχνικές απαιτήσεις σύνδεσης, δεν εφαρμόζονται σε:

a) μη ελεγχόμενες τεχνολογίες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας όπως είναι (ενδεικτικά και μη εξαντλητικά) οι μηχανικοί σφόνδυλοι (flywheels) και οι στατοί σύγχρονοι αντισταθμιστές (STATCOM). Αν και οι εν λόγω τεχνολογίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αποθήκευση ηλεκτρικής ενέργειας, εντούτοις είτε η ενεργοποίησή τους δε μπορεί να γίνει με ελεγχόμενο τρόπο (με την έννοια της υλοποίησης εντολών από το ΕΚΕΕ του ΑΔΜΗΕ) καθώς αυτές ενεργοποιούνται υπό ειδικές συνθήκες λειτουργίας του συστήματος (π.χ. απότομες βυθίσεις ή ανυψώσεις συχνότητας ή τάσεως).

b) τεχνολογίες αποθήκευσης ενέργειας οι οποίες αν και έχουν τη δυνατότητα απορρόφησης, μετατροπής και αποθήκευσης της ηλεκτρικής ενέργειας σε άλλη μορφή εντούτοις δεν έχουν τη δυνατότητα εκ νέου μετατροπής της αποθηκευμένης ενέργειας σε ηλεκτρική. Τέτοιες τεχνολογίες δύναται να είναι η χημική αποθήκευση ενέργειας όπως (ενδεικτικά και μη εξαντλητικά) οι κυψέλες καυσίμου, οι ηλεκτρολύτες, το υδρογόνο και κάθε μορφή αποθήκευσης “Power to Gas – P2G” ) καθώς και κάθε μορφή θερμικής ή μηχανικής αποθήκευσης ενέργειας.

c) μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που εμπίπτουν στις προβλέψεις των παραγράφων 2α, 2β και 2γ του Άρθρου 3 του Κανονισμού 631/2016 (NC-RfG) κατά αντιστοιχία με τις μονάδες ηλεκτροπαραγωγής, δηλαδή ESM που είναι εγκατεστημένα στα μη διασυνδεδεμένα νησιά ή χρησιμοποιούνται για αδιάλειπτη παροχή ισχύος έκτακτης ανάγκης ή λειτουργούν παράλληλα με το σύστημα για λιγότερο από πέντε λεπτά ανά ημερολογιακό μήνα ενώ το σύστημα βρίσκεται σε κανονική κατάσταση λειτουργίας.

d) Αντλησιοταμιευτήρες (Pump-Storage Hydro – PSH). Σύμφωνα με την παρ. 2 του Άρθρου 6 του NC-RfG, οι μονάδες ηλεκτροπαραγωγής από αντλησιοταμιευτήρες πρέπει να πληρούν όλες τις σχετικές απαιτήσεις του NC-RfG τόσο σε λειτουργία παραγωγής όσο και σε λειτουργία άντλησης[[4]](#footnote-5).

Η παρούσα Τεχνική Οδηγία, διακρίνει τους ακόλουθους τρόπους λειτουργίας ενός ESM:

* φόρτιση (κατανάλωση), όπου το ESM απορροφά ενεργό ισχύ από το σημείο σύνδεσης με το σύστημα
* εκφόρτιση (παραγωγή), όπου το ESM εγχέει ενεργό ισχύ στο σημείο σύνδεσης με το σύστημα
* αναμονή (ουδέτερη λειτουργία) («stand by» ή «neutral mode»), όπου δεν υπάρχει σκόπιμη ροή ισχύος προς ή από το σημείο σύνδεσης με το σύστημα. Το ESM δεν φορτίζεται ούτε εκφορτίζεται, αλλά είναι διαθέσιμο (με τα βοηθητικά φορτία σε λειτουργία) και έτοιμο να μεταβεί στη λειτουργία φόρτισης ή εκφόρτισης ή να απενεργοποιηθεί (μετάβαση σε λειτουργία απενεργοποίησης),
* διακοπή (λειτουργία απενεργοποίησης) («off mode»), όπου το ESM είναι αποσυνδεδεμένο από το δίκτυο.

## Τυπολογία και τοπολογίες σύνδεσης Μονάδων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η τεχνική οδηγία καθορίζει απαιτήσεις σύνδεσης για μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ (400/150 kV) και αποτελούν ανεξάρτητες οντότητες από άποψη αδειοδότησης, λειτουργίας και ελέγχου.

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα συνδέονται με το ΕΣΜΗΕ είτε μέσω αποκλειστικών μετασχηματιστών (Μ/Σ) είτε θα μοιράζονται Μ/Σ ΥΤ/ΜΤ ή ΥΥΤ/ΜΤ με άλλες οντότητες παραγωγής ή αποθήκευσης. Οι Μ/Σ μπορούν να εγκατασταθούν σε υφιστάμενους (δηλαδή ηλεκτρισμένους μέχρι την έναρξη ισχύος της παρούσας οδηγίας) ή μελλοντικούς υποσταθμούς ΥΤ/ΜΤ ή ΥΥΤ/ΜΤ, Figure 2.

Η τεχνική οδηγία δεν προσδιορίζει απαιτήσεις για ESM ενσωματωμένοι πίσω από το μετρητή (behind-the-meter) εγκαταστάσεων άλλων χρηστών του ΕΣΜΗΕ.



**Figure 2: Τοπολογίες σύνδεσης (α) μέσω αποκλειστικού Μ/Σ και, (β) μέσω κοινού Μ/Σ με άλλους χρήστες**

Οι τεχνικές δυνατότητες ενός ESM θεωρούνται παρόμοιες με εκείνες των Μονάδων Πάρκων Ισχύος (Power Park Modules – PPM) του NC-RfG καθώς έχουν παρόμοιες τεχνικές πτυχές: το PPM είναι ένα σύνολο μονάδων γεννητριών (GUs) που συνδέονται στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω εσωτερικού δικτύου, και εγχέουν ισχύ μέσω ηλεκτρονικών ισχύος (μετατροπέας)·

Το ESM είναι ένα σύνολο από ESU που συνδέονται μέσω ηλεκτρονικών ισχύος που λειτουργούν ως μετατροπείς ή ανορθωτές σε λειτουργία φόρτισης ή εκφόρτισης, αντίστοιχα. Οι προτεινόμενες τεχνικές απαιτήσεις ευθυγραμμίζονται όσο το δυνατόν περισσότερο με τις εξαντλητικές και μη εξαντλητικές απαιτήσεις των Μονάδων Πάρκων Ισχύος που ορίζονται στο NC-RfG όπως τροποποιήθηκαν με την Απόφαση ΡΑΕ 1165/2020.

Οι τεχνικές απαιτήσεις της παρούσας ισχύουν τόσο για λειτουργία έγχυσης (εκφόρτισης) όσο και για λειτουργία απορρόφησης (φόρτιση), εκτός εάν ρητά αναφέρεται αλλιώς.

# Γενικές προδιαγραφές εγκατάστασης [[5]](#footnote-6)

Κατά τη φάση σχεδιασμού της εγκατάστασης οι ακόλουθες βασικές προδιαγραφές σχεδιασμού θα πρέπει να πληρούνται στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ:

* Το Σύστημα πρέπει να είναι αποτελεσματικά γειωμένο στο ουδέτερο σύστημα, με συντελεστή σφάλματος προς γη μικρότερο από 1,4. Η διαφορά τάσης μεταξύ υγιούς φάσης και γης κατά το μονοφασικό βραχυκύκλωμα δεν επιτρέπεται να υπερβαίνει το 80% της ονομαστικής διαφοράς τάσης μεταξύ των φάσεων.
* Σχετικά με τα μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα β/κ, θα πρέπει να θεωρείται ότι το ΕΣΜΗΕ είναι σχεδιασμένο και λειτουργεί διατηρώντας τη στάθμη βραχυκύκλωσης σε επίπεδο χαμηλότερο των εξής ορίων:
  + 40kA σε κάθε σημείο του συστήματος μεταφοράς 400kV, και
  + 31kA σε κάθε σημείο του συστήματος μεταφοράς 150kV.

Προκειμένου ο σχεδιασμός της εγκατάστασης να γίνεται από την ασφαλή πλευρά, συνίσταται η μέγιστη τιμή της υπομεταβατικής στάθμης βραχυκύκλωσης να μην υπερβαίνει το 90% των αναφερομένων στην προηγούμενη παράγραφο ορίων. Για τριφασικά και μονοφασικά β/κ προς γη, η σχεδιαζόμενη μέγιστη υπομεταβατική στάθμη βραχυκύκλωσης πρέπει να είναι μικρότερη από 36 kA στα 400kV και από 28 kA στα 150kV. Σε κάθε περίπτωση, ο εξοπλισμός της εγκατάστασης θα πρέπει να επιλέγεται για μέγιστο ρεύμα β/κ 40/31kA.

* Τα θερμικά όρια του εξοπλισμού πρέπει να προσδιορίζονται με βάση τις εκτιμώμενες εποχιακές συνθήκες περιβάλλοντος. Τα κανονικά όρια και τα όρια υπερφόρτισης πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τα όρια βοηθητικού και παρελκόμενου εξοπλισμού, ιδίως συσκευών διακοπής (switchgear), ακροκιβώτιων (bushings) και μετασχηματιστών οργάνων. Ο εξοπλισμός επιλέγεται και σχεδιάζεται έτσι ώστε να μην υπάρχει καμία υπερφόρτιση εξοπλισμού στις κανονικές και στις έκτακτες συνθήκες λειτουργίας, εκτός από τη φάση αμέσως μετά από μία διαταραχή και υπό την προϋπόθεση ότι γίνονται αυτόματα ή χειροκίνητα διορθωτικές ενέργειες.

Η γείωση όλων των εξαρτημάτων της εγκατάστασης, των μονάδων γεννητριών και των άλλων συσκευών καθώς και η εγκατάσταση του συστήματος γείωσης πρέπει να γίνονται σύμφωνα με τα σχετικά πρότυπα. Για τα συστήματα γείωσης ισχύουν οι ακόλουθοι γενικοί κανόνες:

* Οι ακριβείς προδιαγραφές του δικτύου γειώσεων που πρόκειται να εγκατασταθεί θα συμφωνούνται μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη της εγκατάστασης.
* Ο εξοπλισμός γείωσης της εγκατάστασης θα πρέπει να γειώνεται με άμεση γείωση με το κεντρικό δίκτυο γειώσεως του υποσταθμού
* Ο ιδιοκτήτης της εγκατάστασης θα πρέπει να εξασφαλίζει ότι οποιοδήποτε σφάλμα προκύπτει στις εγκαταστάσεις του περιορίζεται στα όρια του υποσταθμού και ότι οποιαδήποτε επικίνδυνη ανύψωση τάσεως δεν θα μεταφερθεί εκτός της ζώνης γείωσης
* Ο ιδιοκτήτης της εγκατάστασης οφείλει να μεριμνά ώστε το προσωπικό που εργάζεται στο σύστημα γείωσης είναι κατάλληλα εκπαιδευμένο για την εκτέλεση των σχετικών εργασιών κατά τρόπο ασφαλή.

Ο σχεδιασμός των εξαρτημάτων της εγκατάστασης και όλων των συνδεόμενων συσκευών πρέπει να ικανοποιεί τις ακόλουθες ελάχιστες προδιαγραφές για κάθε επίπεδο τάσης, Table 2:

***Table 2: γενικές προδιαγραφές Ελληνικού συστήματος μεταφοράς***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Παράμετρος (Ελάχιστη)** | **150kV** | **400kV** |
| Επίπεδο Μόνωσης για κεραυνική κρουστική τάση (1.2/50ms) | 750 kV | 1550 kV, με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:  Αυτομετασχηματιστές:   * 1550 kV για τους μονωτήρες διελεύσεως, * 1425 kV για τα τυλίγματα |
| Επίπεδο μόνωσης, για τάση συχνότητας δικτύου  (50Hz for 1min) | 325kV | 680 kV, με τις ακόλουθες εξαιρέσεις:  Διακόπτες:   * 620 kV μεταξύ φάσης-γης και μεταξύ φάσεων, * 800 kV κατά μήκος των ανοικτών επαφών   Αποζεύκτες:   * 620 kV μεταξύ φάσης-γης και μεταξύ φάσεων, * 800 kV κατά μήκος της απόστασης μονώσεως   Αυτομετασχηματιστές:   * 680 kV για τους μονωτήρες διελεύσεως, * 630 kV για τα τυλίγματα |
| Αποστάσεις ασφαλείας μεταξύ αγωγού και μεταλλικών μερών εντός του χώρου του Υ/Σ και ΚΥΤ | 1550 mm | * 3100 mm μεταξύ αγωγού και μεταλλικού μέρους * 4100 mm μεταξύ Rod και μεταλλικού μέρους |
| Ύψος μεταλλικών μερών υπό τάση πάνω από χώρους προσβάσιμους σε πεζούς εντός του χώρου του Υ/Σ και ΚΥΤ | 5000 mm | 7000 mm |
| Ύψος κάτω τμήματος μονωτήρων εντός Υ/Σ και ΚΥΤ | 2300 mm | 2300 mm |
| Ύψος αγωγών υπό τάση πάνω από δρόμους | 9000 mm | 11000 mm |

Συνιστάται η τάση β/κ (uk) των κύριων μετασχηματιστών ΜΤ/ΥΤ του υποσταθμού να έχει τιμή 17% ή μεγαλύτερη στη ουδέτερη θέση του μεταγωγέα. Χαμηλότερες τιμές β/κ μπορούν να γίνουν δεκτές μόνο με έγκριση του ΑΔΜΗΕ.

Οι κύριοι μετασχηματιστές ΜΤ/ΥΤ του υποσταθμού πρέπει να είναι εξοπλισμένοι με μηχανισμό αλλαγής τάσεως υπό φορτίο (OLTC) το οποίο θα μπορεί να ενεργοποιείται εξ αποστάσεως. Οι προδιαγραφές σχεδιασμού και οι εφαρμοζόμενες ρυθμίσεις του OLTC εγκρίνονται από τον ΑΔΜΗΕ.

Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά, οι κύριοι μετασχηματιστές ΜΤ/ΥΤ θα λειτουργούν υπό έλεγχο τάσεως στην πλευρά της Μέσης Τάσης.

Η λειτουργία OLTC θα είναι πάντα ενεργοποιημένη. Η απενεργοποίηση της λειτουργίας OLTC ή η τροποποίηση των ρυθμίσεών της δεν επιτρέπεται χωρίς προηγούμενη έγκριση του ΑΔΜΗΕ.

Οι κύριοι μετασχηματιστές ΜΤ/ΥΤ του υποσταθμού πρέπει να έχουν επαρκή αριθμό θέσεων μεταγωγής για να παρέχουν έλεγχο τάσης σε ένα ευρύ φάσμα συνθηκών λειτουργίας στην πλευρά ΥΤ. Ο συνιστώμενος αριθμός θέσεων μεταγωγής για μετασχηματιστές ΜΤ/ΥΤ με πρωτεύον τύλιγμα συνδεδεμένο στα 150 και 400 kV δίνεται στον Table 3.

***Table 3: Συνιστώμενος αριθμός θέσεων μεταγωγέων του μηχανισμού αλλαγής τάσεως υπό φορτίο (OLTC) του κύριου μετασχηματιστή ΜΤ/ΥΤ του υποσταθμού***

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Θέση μεταγωγέα** | **Λόγος μετα-σχηματισμού** | **150kV (ΥΤ)** | **400kV (ΥΥΤ)** | **ΜΤ** |
| 10 | 1,1250 | 168.7500 | - | 20 ή 30 ή 33kV |
| 9 | 1,1125 | 166.8750 | - |
| 8 | 1,1000 | 165.0000 | 440.0000 |
| 7 | 1,0875 | 163.1250 | 435.0000 |
| 6 | 1,0750 | 161.2500 | 430.0000 |
| 5 | 1,0625 | 159.3750 | 425.0000 |
| 4 | 1,0500 | 157.5000 | 420.0000 |
| 3 | 1,0375 | 155.6250 | 415.0000 |
| 2 | 1,0250 | 153.7500 | 410.0000 |
| 1 | 1,0125 | 151.8750 | 405.0000 |
| 0 | 1,0000 | 150.0000 | 400.0000 |
| -1 | 0,9875 | 148.1250 | 395.0000 |
| -2 | 0,9750 | 146.2500 | 390.0000 |
| -3 | 0,9625 | 144.3750 | 385.0000 |
| -4 | 0,9500 | 142.5000 | 380.0000 |
| -5 | 0,9375 | 140.6250 | 375.0000 |
| -6 | 0,9250 | 138.7500 | 370.0000 |
| -7 | 0,9125 | 136.8750 | 365.0000 |
| -8 | 0,9000 | 135.0000 | 360.0000 |
| -9 | 0,8875 | 133.1250 | - |
| -10 | 0,8750 | 131.2500 | - |

Οι ακόλουθες προδιαγραφές ισχύουν για μετασχηματιστές που είναι εγκατεστημένοι στο σημείο σύνδεσης των μονάδων τύπου Δ:

* Για συνδέσεις στην ΥΥΤ (400kV), τα τυλίγματα του κύριου μετασχηματιστή του υποσταθμού θα πρέπει να έχουν συνδεσμολογία:
  + Μετασχηματιστές δύο τυλιγμάτων: αστέρα (με έξοδο του ουδετέρου κόμβου σε ιδιαίτερο αποδέκτη) στην πλευρά του συστήματος (υψηλής τάσης) και τρίγωνο στην πλευρά της μέσης ή χαμηλής τάσης). Οι ουδέτεροι κόμβοι των μετασχηματιστών που συνδέονται στο σύστημα μεταφοράς των 400 kV πρέπει να είναι μόνιμα γειωμένοι.
  + Μετασχηματιστές τριών τυλιγμάτων: αστέρας στην ΥΤ και ΜΤ (με έξοδο του ουδετέρου κόμβου σε ιδιαίτερο αποδέκτη είτε για άμεση γείωση είτε για γείωση μέσω αντίστασης), και ένα τριτεύον τύλιγμα σε συνδεσμολογία τριγώνου.
* Για συνδέσεις στην ΥΤ (150kV), τα τυλίγματα του κύριου μετασχηματιστή του υποσταθμού θα πρέπει να έχουν συνδεσμολογία:
  + τρίγωνο στην ΥΤ και αστέρα στη μέση ή χαμηλή τάση, (με έξοδο του ουδετέρου κόμβου σε ιδιαίτερο αποδέκτη είτε για άμεση γείωση είτε για γείωση μέσω αντίστασης), ή
  + αστέρα στην ΥΤ, (με έξοδο του ουδετέρου κόμβου σε ιδιαίτερο αποδέκτη είτε για άμεση γείωση είτε για γείωση μέσω αντίστασης), και τρίγωνο στη μέση ή χαμηλή τάση

Κατά τη γείωση του ουδέτερου των μετασχηματιστών που συνδέονται στο σύστημα 150kV, θα πρέπει να γίνεται πρόβλεψη για έξοδο του ουδετέρου κόμβου. Ο ΑΔΜΗΕ θα εξετάζει κατά περίπτωση εάν ο μετασχηματιστής απαιτείται να λειτουργήσει με τον ουδέτερο κόμβο της ΜΤ αγείωτο ή γειωμένο μέσω αντίστασης γείωσης και θα ενημερώνει σχετικά τον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης.

Στην περίπτωση σύνδεσης τριγώνου στην πλευρά μέσης τάσης, ένας μετασχηματιστής γείωσης (π.χ. με περιελίξεις ζιγκ-ζαγκ) θα πρέπει να συνδεθεί στους ζυγούς του μετασχηματιστή μέσης τάσης, προκειμένου το δίκτυο σύνδεσης μέσης τάσης ευθύνης του ιδιοκτήτη της εγκατάστασης να είναι σωστά γειωμένο. Γενικά, η σύνδεση αγείωτων διασυνδετικών δικτύων μέσης τάσης δεν επιτρέπεται χωρίς τη συγκατάθεση του ΑΔΜΗΕ και την κατάλληλη προσαρμογή του σχετικού συστήματος προστασίας μέσης τάσης.

Περαιτέρω λεπτομέρειες σχετικά με τις προδιαγραφές που εφαρμόζονται για τους μετασχηματιστές που είναι συνδεδεμένοι στο ΕΣΜΗΕ θα συμφωνούνται με τον ΑΔΜΗΕ.

# Εύρος λειτουργίας Μονάδων Αποθήκευσης Ηλεκτρικής Ενέργειας

## Εύρος λειτουργίας συχνότητας

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παραμένουν συνδεδεμένες στο ΕΣΜΗΕ και να λειτουργούν ομαλά για τα εύρη τιμών συχνότητας συστήματος και για τους ελάχιστους χρόνους λειτουργίας που ορίζονται στον Table 4.

***Table 4: Εύρος συχνότητας συστήματος και ελάχιστοι χρόνοι λειτουργίας για Μονάδες Αποθήκευσης που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ***

|  |  |
| --- | --- |
| **Εύρος συχνότητας συστήματος** | **Ελάχιστη διάρκεια λειτουργίας** |
| 47,5Hz – 48,5Hz | 30 min |
| 48,5Hz – 49,0Hz | 30 min |
| 49,0Hz – 51,0Hz | Απεριόριστη |
| 51,0Hz – 51,5Hz | 30 min |
| 51,5 Hz-52,5 Hz | 10 sec |

Ο ΑΔΜΗΕ και ο ιδιοκτήτης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δύνανται να συμφωνήσουν για μεγαλύτερα εύρη τιμών συχνότητας, μεγαλύτερη ελάχιστη διάρκεια λειτουργίας ή ειδικές απαιτήσεις για συνδυασμούς αποκλίσεων συχνότητας και τάσης, προκειμένου να διασφαλίζουν τη βέλτιστη αξιοποίηση των τεχνικών ικανοτήτων της μονάδας αποθήκευσης, αν αυτό είναι απαραίτητο για τη διατήρηση ή την αποκατάσταση της ασφάλειας του συστήματος.

Ο ιδιοκτήτης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δεν δύναται να αρνηθεί χωρίς αιτιολόγηση να δώσει τη συγκατάθεσή του για την εφαρμογή μεγαλύτερων ευρών τιμών συχνότητας ή μεγαλύτερης ελάχιστης διάρκειας λειτουργίας, λαμβανομένων υπόψη της οικονομικής και της τεχνικής εφικτότητάς τους.

## Εύρος λειτουργίας τάσεως

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παραμένουν συνδεδεμένες στο ΕΣΜΗΕ και να λειτουργούν ομαλά εντός του εύρους των πολικών τάσεων στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ (εκφρασμένες σε (α.μ.) μιας τιμής τάσεως αναφοράς) και για τις ελάχιστες χρονικές περιόδους που ορίζονται στον Table 5 (για συνδέσεις με ονομαστική τάση 150kV) και στον Table 6 (για συνδέσεις με ονομαστική τάση 400kV).

***Table 5: Ελάχιστες χρονικές περίοδοι για τις οποίες μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι ικανή να παραμένει σε λειτουργία χωρίς να αποσυνδέεται από το ΕΣΜΗΕ όταν η πολική τάση στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ αποκλίνει από την τιμή αναφοράς, οι τιμές σε (α.μ.) αναφέρονται σε τάση 150 kV***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Εύρος τάσεως σε (α.μ.)** | **Εύρος τάσεως σε**  **kV** | **Ελάχιστη διάρκεια παραμονής σε λειτουργία** |
| 0,85 – 0,90 (α.μ.) | 127,5 – 135 kV | 60 min |
| 0,90 – 1,118 (α.μ.) | 135 – 167,7 kV | Απεριόριστη |
| 1,118 – 1,15 (α.μ.) | 167,7 – 172,5 kV | 60 min |

***Table 6: Ελάχιστες χρονικές περίοδοι για τις οποίες μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι ικανή να παραμένει σε λειτουργία χωρίς να αποσυνδέεται από το ΕΣΜΗΕ όταν η πολική τάση στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ αποκλίνει από την τιμή αναφοράς, οι τιμές σε (α.μ.) αναφέρονται σε τάση 400 kV***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Εύρος τάσεως σε (α.μ.)** | **Εύρος τάσεως σε**  **kV** | **Ελάχιστη διάρκεια παραμονής σε λειτουργία** |
| 0,85– 0,90 (α.μ.) | 340 – 360 kV | 60 min |
| 0,90– 1,05 (α.μ.) | 360 – 420 kV | Απεριόριστη |
| 1,05– 1,10 (α.μ.) | 420 – 440 kV | 60 min |

Ο ΑΔΜΗΕ και ο ιδιοκτήτης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δύνανται να συμφωνήσουν για μεγαλύτερα εύρη τιμών τάσεως στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ ή μεγαλύτερη ελάχιστη διάρκεια λειτουργίας. Αν τα μεγαλύτερα εύρη τάσεως ή οι μεγαλύτεροι χρόνοι λειτουργίας είναι οικονομικά και τεχνικά εφικτοί, ο ιδιοκτήτης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δε δύναται να αρνηθεί την εφαρμογή τους χωρίς αιτιολόγηση.

## Εύρος λειτουργίας συχνότητας και τάσεως στη μόνιμη κατάσταση

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα παραμένουν συνδεδεμένες στο ΕΣΜΗΕ και θα συνεχίζουν να λειτουργούν ομαλά υπό αποκλίνουσες τιμές συχνότητας και τάσης από τις ονομαστικές τιμές, εντός των περιοχών και για τις ελάχιστες χρονικές περιόδους λειτουργίας που καθορίζονται από τα διαγράμματα τάσης συχνότητας της Figure 3 (σημείο σύνδεσης στα 150 kV) και της Figure 4 (σημείο σύνδεσης στα 400kV).

Chart, treemap chart

Description automatically generated

***Figure 3: Ελάχιστες απαιτήσεις λειτουργίας στη μόνιμη κατάσταση για συνδέσεις στα 150kV, U είναι η τάση στο σημείο σύνδεσης (kV) και f είναι η συχνότητα του συστήματος (Hz)***

Chart, treemap chart

Description automatically generated

***Figure 4: Ελάχιστες απαιτήσεις λειτουργίας στη μόνιμη κατάσταση για συνδέσεις στα 400kV, U είναι η τάση στο σημείο σύνδεσης (kV) και f είναι η συχνότητα του συστήματος (Hz)***

## Ικανότητα αντοχής στον ρυθμό μεταβολής της συχνότητας (RoCoF)

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα παραμένουν συνδεδεμένες στο ΕΣΜΗΕ και θα λειτουργούν για ρυθμούς μεταβολής συχνότητας (RoCoF) μέχρι 2,0 Hz/sec παρατηρούμενες σε ένα κυλιόμενο χρονικό παράθυρο των 500 msec.

Με την επιφύλαξη της ως άνω απαίτησης, το ESM θα πρέπει να παραμένει συνδεδεμένο και να λειτουργεί στην ακολουθία ρυθμών μεταβολής συχνότητας που ορίζεται από τα προφίλ υπερ- και υποσυχνότητας που δίνονται στην

Figure ***5*** για υπερσυχνότητα (α) και υποσυχνότητα (β). Η τιμή της συχνότητας θα προσδιορίζεται ως η μέση τιμή μετρήσεων των προηγούμενων 500 ms (τεχνική μέτρησης κυλιόμενου παραθύρου (sliding window) εύρους 500 ms).

|  |  |
| --- | --- |
|  | Chart, line chart  Description automatically generated |
| (a) Υπερσυχνότητα | (b) Υποσυχνότητα |

***Figure 5: Απαιτήσεις ρυθμού μεταβολής συχνότητας***

## Ανίχνευση απώλειας κύριας τροφοδότησης (Loss of Mains – LoM)

Η χρήση τεχνικών ανίχνευσης νησιδοποίησης (Loss of Mains – LoM) που βασίζονται στη μέτρηση του ρυθμού μεταβολής της συχνότητας (RoCoF) δεν επιτρέπεται για μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ. Ο ιδιοκτήτης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να παρέχει τεχνικές λεπτομέρειες για τη χρησιμοποιούμενη μέθοδο ανίχνευσης νησιδοποίησης. Οι τεχνικές ανίχνευσης νησιδοποίησης ρυθμίσεις των εν λόγω προστασιών δε θα πρέπει να έρχονται σε αντίθεση με τις απαιτήσεις για την ικανότητα αντοχής στον ρυθμό μεταβολής της συχνότητας της παρ. 3.4 και θα εφαρμόζονται κατόπιν έγκρισης του ΑΔΜΗΕ.

# Απαιτήσεις ρύθμισης ενεργού ισχύος

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ θα πρέπει να έχουν ικανότητα συμμετοχής στον Έλεγχο Αποκατάστασης Συχνότητας του συστήματος (ΕΑΣ) (Frequency Restoration Control – FRC) ρυθμίζοντας την παραγόμενη ή καταναλισκόμενη ενεργό ισχύ σύμφωνα με σημεία ρύθμισης (set points) που εκδίδονται από απόσταση και σε πραγματικό χρόνο από το ΕΚΕΕ του ΑΔΜΗΕ.

Για να επιτευχθεί αυτό, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι εξοπλισμένη με ένα σύστημα ελέγχου ενεργού ισχύος που ανταλλάσσει σήματα και πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο με το ΕΚΕΕ του ΑΔΜΗΕ και είναι σε θέση να εφαρμόζει αυτόματα τιμές σημείων ρύθμισης (set points).

Η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να διατηρεί τις τιμές σημείου ρύθμισης ανεξάρτητα από τις αλλαγές στη συχνότητα, εκτός εάν λειτουργεί σε οποιαδήποτε από τις λειτουργίες ελέγχου συχνότητας του Κεφαλαίου 5.

Η ελάχιστη περίοδος για να επιτύχει η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ένα σημείο ρύθμισης ενεργού ισχύος ορίζεται ως τα 60 sec. Τα σημεία ρύθμισης πρέπει να επιτυγχάνονται με ανοχή ±5% του σημείου ρύθμισης ενεργού ισχύος ή ±5MW (όποιο είναι μικρότερο). Η παραπάνω απαίτηση εξηγείται γραφικά στο Figure 6.

Diagram

Description automatically generated

***Figure 6: ανοχή (tolerance) και χρονική διάρκεια για την εφαρμογή μιας νέας τιμής σημείου ρύθμισης (set point)***

Σε περίπτωση που η συσκευή αυτόματου και εξ’ αποστάσεως χειρισμού που αναφέρεται παραπάνω είναι εκτός λειτουργίας, τα σημεία ρύθμισης ενεργού ισχύος θα υλοποιούνται με χειροκίνητα-τοπικά μέσα. Σε μια τέτοια περίπτωση, η ελάχιστη περίοδος για να φτάσει μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας ένα σημείο ρύθμισης ενεργού ισχύος είναι 15 λεπτά με ανοχή ±10% της τιμής σημείου ρύθμισης ενεργού ισχύος ή ±10MW (όποιο είναι μικρότερο).

Κατά την εφαρμογή ενός σημείου ρύθμισης ενεργού ισχύος, τα ελάχιστα και μέγιστα όρια των ρυθμών μεταβολής της ενεργού ισχύος εξόδου (όρια ράμπας) τόσο προς την άνω όσο και προς την κάτω κατεύθυνση συνοψίζονται στον Table 7.

***Table 7: μέγιστα όρια ρυθμού ανόδου/καθόδου (ramp up/down limits) για μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Τεχνολογία κύριας Κινητήριας μηχανής** | **Ικανότητα ρυθμού ανόδου** | **Ικανότητα ρυθμού καθόδου** |
| ESMs με διεπαφή μέσω ηλεκτρονικών ισχύος | όχι λιγότερο του 10,0% Pmax/min σε  κανονικές συνθήκες | όχι λιγότερο του 10,0% Pmax/min σε  κανονικές συνθήκες |

# Απαιτήσεις ελέγχου συχνότητας

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ, θα πρέπει να διατηρούν σταθερή την ενεργό ισχύ εξόδου σε μια τιμή ρύθμισης ενεργού ισχύος (set point) υπό την προϋπόθεση ότι η συχνότητα του συστήματος είναι εντός των ορίων και των χρονικών περιόδων που καθορίζονται στην παρ. 3.1, Table 4.

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να μπορούν να συμμετέχουν στον Έλεγχο Διατήρησης Συχνότητας του συστήματος (ΕΔΣ) (Frequency Containment Control – FCC) λειτουργώντας με τους τρόπους που καθορίζονται στις παρ. 5.1, 5.2 και 5.3. Οι απαιτήσεις αυτές ισχύουν τόσο για τη λειτουργία παραγωγής (εκφόρτιση) όσο και για τη λειτουργία κατανάλωσης (φόρτιση), εκτός εάν ρητά αναφέρεται διαφορετικά.

## Λειτουργία περιορισμένης ευαισθησίας συχνότητας – υπερσυχνότητα (LFSM-O)

Στην περίπτωση μείζονος υπερσυχνότητας του συστήματος, οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ θα έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε κατάσταση λειτουργίας περιορισμένης ευαισθησίας συχνότητας (Limited Frequency Sensitive Mode LFSM-O). Η LFSM-O είναι ένας ειδικός τρόπος λειτουργίας σύμφωνα με τον οποίο η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ανεξάρτητα από το αν βρίσκεται σε φάση φόρτισης ή εκφόρτισης) προσαρμόζει συνεχώς[[6]](#footnote-7) την παραγωγή ή την κατανάλωσή ενεργού ισχύος υπό μια σταθερή κλίση ενεργού ισχύος – συχνότητας (στατισμός, s2), όσο η συχνότητα του συστήματος παραμένει κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή (κατώφλι) υπερσυχνότητας f1.

Η λειτουργία LFSM-O εφαρμόζεται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης του συστήματος όπου η καθοδική ΕΔΣ έχει διατεθεί πλήρως αλλά η συχνότητα του συστήματος αυξάνεται περαιτέρω.

Σε περίπτωση που η συχνότητα του συστήματος υπερβεί την τιμή κατωφλίου f1 ενώ η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας παράγει ενεργό ισχύ (λειτουργία εκφόρτισης), η μονάδα θα μειώσει την παραγόμενη ενεργό ισχύ (και αν χρειαστεί θα μεταβεί σε λειτουργία φόρτισης εντός του μικρότερου τεχνικά δυνατού χρόνου) έως ότου είτε η συχνότητα του συστήματος μειωθεί σε τιμή χαμηλότερη από το όριο υπερσυχνότητας f1 είτε η μονάδα συμπληρώσει το μέγιστο ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να αποθηκεύσει ή όπως άλλως συμφωνηθεί μεταξύ του ιδιοκτήτη της μονάδας και του ΑΔΜΗΕ. Μόλις η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας συμπληρώσει το μέγιστο ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να αποθηκεύσει, θα διακόψει τη φόρτιση και θα τεθεί σε ουδέτερη λειτουργία (stand by).

Σε περίπτωση που η συχνότητα του συστήματος υπερβεί την τιμή κατωφλίου f1 ενώ η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας απορροφά ενεργό ισχύ (λειτουργία φόρτισης), η μονάδα θα αυξήσει την απορροφούμενη ενεργό ισχύ έως ότου είτε η συχνότητα του συστήματος μειωθεί σε τιμή χαμηλότερη από το όριο υποσυχνότητας f1 είτε η μονάδα συμπληρώσει το μέγιστο ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να αποθηκεύσει ή όπως άλλως συμφωνηθεί μεταξύ του ιδιοκτήτη της μονάδας και του ΑΔΜΗΕ. Μόλις η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας συμπληρώσει το μέγιστο ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να αποθηκεύσει, θα διακόψει τη φόρτιση και θα τεθεί σε ουδέτερη λειτουργία (stand by).

Η μεταγωγή από την κατανάλωση (φόρτιση) στην παραγωγή (εκφόρτιση) και αντίστροφα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο γρήγορη από τεχνική άποψη. Ο ΑΔΜΗΕ έχει δικαίωμα να ζητήσει την επίδειξη τεχνικών στοιχείων για τον απαιτούμενο χρόνο μεταγωγής.

Σε περίπτωση που αυτή η συχνότητα συστήματος υπερβαίνει τα 51,5 Hz για περισσότερα από 30 min, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να αποσυνδεθεί από το δίκτυο.

Το σύστημα ελέγχου της μονάδας θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή διαφορετικών τιμών στατισμού (ρυθμιζόμενος στατισμός μεταξύ 2-12%, προεπιλεγμένη τιμή s2 = 5%) ενώ θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή οποιουδήποτε ορίου υπερσυχνότητας μεταξύ 50,2 Hz και 50,5 Hz συμπεριλαμβανομένων με προεπιλεγμένο κατώφλι υπερσυχνότητας f1 = 50,2 Hz, Figure 7.

Το εύρος ανοχής λειτουργίας (tolerance) στο μέγιστο επίπεδο φόρτισης είναι ±5% του Pmax ή ±5MW (όποια τιμή είναι μικρότερη).



***Figure 7:*** ***απόκριση ενεργού ισχύος – συχνότητας μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε λειτουργία LFSM-O***

Όσον αφορά τη δυναμική απόκριση της LFSM-O (πεδίο του χρόνου), ο χρόνος βηματικής απόκρισης και ο χρόνος εξισορρόπηση ορίζονται στον Table 8.

***Table 8:*** ***Χρόνοι απόκρισης μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε λειτουργία LFSM-O***

|  |  |
| --- | --- |
| Χρόνος βηματικής απόκρισης | ≤ 2 sec για μείωση (\*) ενεργού ισχύος εξόδου 50% Pmax |
| Χρόνος εξισορρόπησης | ≤ 20 sec για μείωση (\*) ενεργού ισχύος εξόδου;  ≤ 30 sec για αύξηση (\*\*) ενεργού ισχύος εξόδου; |

(\*):μείωση της ενεργού ισχύος εξόδου σε περίπτωση αύξησης της συχνότητας συστήματος κατά τη λειτουργία LFSM-O

(\*\*):αύξηση της ενεργού ισχύος εξόδου σε περίπτωση μείωσης της συχνότητας συστήματος κατά τη λειτουργία LFSM-O

Η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να λειτουργεί ομαλά κατά τη λειτουργία LFSM-O.

Όταν η λειτουργία LFSM-O είναι ενεργή, το σημείο ρύθμισης της LFSM-O θα υπερισχύει έναντι οποιωνδήποτε άλλων σημείων ρύθμισης ενεργού ισχύος που θα είχε ως αποτέλεσμα την αύξηση της ενεργού ισχύος εξόδου.

Η πραγματική παροχή απόκρισης συχνότητας ενεργού ισχύος στη λειτουργία LFSM-O θα λαμβάνει υπόψη τις περιβαλλοντικές συνθήκες όταν ενεργοποιείται η απόκριση, τις συνθήκες λειτουργίας και το διαθέσιμο ενεργειακό περιεχόμενο της μονάδας.

Η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να μπορεί να λαμβάνει και να αντιδρά σε ένα εξωτερικό σήμα που επιτρέπει στον ΑΔΜΗΕ να μπλοκάρει σε πραγματικό χρόνο το σημείο ρύθμισης ενεργού ισχύος της LFSM-O.

Η λειτουργία LFSM-O θα πρέπει να ενεργοποιείται με χρονική καθυστέρηση μικρότερη από 2sec. Ο ιδιοκτήτης της μονάδας θα πρέπει να αιτιολογήσει κάθε χρονική καθυστέρηση μεγαλύτερη των 2sec παρέχοντας τεχνικά στοιχεία στον ΑΔΜΗΕ.

## Λειτουργία περιορισμένης ευαισθησίας συχνότητας – υποσυχνότητα (LFSM-U)

Στην περίπτωση μείζονος υποσυχνότητας του συστήματος, οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ θα έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε κατάσταση λειτουργίας περιορισμένης ευαισθησίας συχνότητας (Limited Frequency Sensitive Mode LFSM-U). Η LFSM-U είναι ένας ειδικός τρόπος λειτουργίας σύμφωνα με τον οποίο η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ανεξάρτητα από το αν βρίσκεται σε φάση φόρτισης ή εκφόρτισης) προσαρμόζει συνεχώς την παραγωγή ή την κατανάλωσή ενεργού ισχύος υπό μια σταθερή κλίση ενεργού ισχύος – συχνότητας (στατισμός, s), όσο η συχνότητα του συστήματος παραμένει κάτω από μια προκαθορισμένη τιμή (κατώφλι) υποσυχνότητας f1.

Η λειτουργία LFSM-U εφαρμόζεται σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης του συστήματος όπου η ανοδική ΕΔΣ έχει διατεθεί πλήρως αλλά η συχνότητα του συστήματος μειώνεται περαιτέρω.

Σε περίπτωση που η συχνότητα του συστήματος μειωθεί κάτω από την τιμή κατωφλίου f1 ενώ η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας παράγει ενεργό ισχύ (λειτουργία εκφόρτισης), η μονάδα θα αυξήσει την παραγόμενη ενεργό ισχύ έως ότου η συχνότητα του συστήματος αυξηθεί σε τιμή υψηλότερη από το όριο υποσυχνότητας f1 ή ελαχιστοποιηθεί το διαθέσιμο ενεργειακό περιεχόμενο της μονάδας ή όπως άλλως συμφωνηθεί μεταξύ του ιδιοκτήτη της μονάδας ESM και τον ΑΔΜΗΕ. Μόλις το διαθέσιμο ενεργειακό περιεχόμενο της μονάδας ελαχιστοποιηθεί, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα τεθεί σε ουδέτερη λειτουργία (stand by).

Σε περίπτωση που η συχνότητα του συστήματος μειωθεί κάτω από την τιμή κατωφλίου f1 ενώ η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας απορροφά ενεργό ισχύ (λειτουργία φόρτισης), η μονάδα θα μειώσει την απορροφούμενη ενεργό ισχύ (και αν χρειαστεί θα μεταβεί σε λειτουργία εκφόρτισης εντός του μικρότερου τεχνικά δυνατού χρόνου) έως ότου είτε η συχνότητα του συστήματος αυξηθεί σε τιμή υψηλότερη από το όριο υποσυχνότητας f1 ή ελαχιστοποιηθεί το διαθέσιμο ενεργειακό περιεχόμενο της μονάδας ή όπως άλλως συμφωνηθεί μεταξύ του ιδιοκτήτη της μονάδας ESM και τον ΑΔΜΗΕ. Μόλις το διαθέσιμο ενεργειακό περιεχόμενο της μονάδας ελαχιστοποιηθεί, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα τεθεί σε ουδέτερη λειτουργία (stand by).

Σύμφωνα με το Άρθρο 15.3.β του NC-E&R, ο ΑΔΜΗΕ έχει το δικαίωμα να ζητήσει οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που βρίσκονται σε λειτουργία φόρτισης (κατανάλωση) να έχουν την δυνατότητα να αποσυνδέονται είτε μετά από σήμα που παρέχεται από τον ΑΔΜΗΕ είτε αυτόματα, σε τυχαίες συχνότητες εντός του εύρους των 49 Hz και 49,2 Hz.

Η μεταγωγή από την κατανάλωση (φόρτιση) στην παραγωγή (εκφόρτιση) και αντίστροφα θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο γρήγορη από τεχνική άποψη. Ο ΑΔΜΗΕ έχει δικαίωμα να ζητήσει την επίδειξη τεχνικών στοιχείων του απαιτούμενου χρόνου μεταγωγής.

Το σύστημα ελέγχου της μονάδας θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή διαφορετικών τιμών στατισμού (ρυθμιζόμενος στατισμός μεταξύ 0,2-5%, προεπιλεγμένη τιμή s = 1%) ενώ θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή οποιουδήποτε ορίου υποσυχνότητας μεταξύ 49,5 Hz και 49 ,8 Hz συμπεριλαμβανομένων με προεπιλεγμένο κατώφλι υποσυχνότητας f1 = 49,8 Hz, Figure 8.

Το εύρος ανοχής λειτουργίας κάτω από το μέγιστο επίπεδο παραγωγής (εκφόρτισης) είναι ±5% του Pmax ή ±5MW (όποια τιμή είναι μικρότερη).



***Figure 8: απόκριση ενεργού ισχύος – συχνότητας μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε λειτουργία LFSM-U***

Η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να λειτουργεί ομαλά κατά τη λειτουργία LFSM-U.

Όταν η λειτουργία LFSM-U είναι ενεργή, το σημείο ρύθμισης της LFSM-U θα υπερισχύει έναντι οποιωνδήποτε άλλων σημείων ρύθμισης ενεργής ισχύος.

Η πραγματική παροχή απόκρισης συχνότητας ενεργού ισχύος στη λειτουργία LFSM-U θα λαμβάνει υπόψη τις περιβαλλοντικές συνθήκες όταν ενεργοποιείται η απόκριση, τις συνθήκες λειτουργίας και το διαθέσιμο ενεργειακό περιεχόμενο της μονάδας.

Η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να μπορεί να λαμβάνει και να αντιδρά σε ένα εξωτερικό σήμα που επιτρέπει στον ΑΔΜΗΕ να μπλοκάρει σε πραγματικό χρόνο το σημείο ρύθμισης ενεργού ισχύος της LFSM-U.

Όσον αφορά τη δυναμική απόκριση της LFSM-U (πεδίο του χρόνου), ο χρόνος βηματικής απόκρισης και ο χρόνος εξισορρόπηση ορίζονται στον Table 9.

Η λειτουργία LFSM-U θα πρέπει να ενεργοποιείται με χρονική καθυστέρηση μικρότερη από 2sec. Ο ιδιοκτήτης της μονάδας θα πρέπει να αιτιολογήσει κάθε χρονική καθυστέρηση μεγαλύτερη των 2sec παρέχοντας τεχνικά στοιχεία στον ΑΔΜΗΕ.

***Table 9:***

***Χρόνοι απόκρισης μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε λειτουργία LFSM-U***

|  |  |
| --- | --- |
| Χρόνος βηματικής απόκρισης | ≤ 10 sec για αύξηση (\*) ενεργού ισχύος 50% Pmax; |
| Χρόνος εξισορρόπησης | ≤ 30 sec για αύξηση (\*) ενεργού ισχύος;  ≤ 20 sec για μείωση (\*\*) ενεργού ισχύος |

(\*): αύξηση της ενεργού ισχύος εξόδου σε περίπτωση μείωσης της συχνότητας συστήματος κατά τη λειτουργία LFSM-U

(\*\*): μείωση της ενεργού ισχύος εξόδου σε περίπτωση αύξησης της συχνότητας συστήματος κατά τη λειτουργία LFSM-U

## Λειτουργία ευαισθησίας συχνότητας (FSM)

Σε περίπτωση σχετικά μικρών αποκλίσεων της συχνότητας του συστήματος γύρω από την ονομαστική τιμή (50,0 Hz), οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ και βρίσκονται εντός της περιοχής ελέγχου του ΑΔΜΗΕ θα έχουν τη δυνατότητα να λειτουργούν σε κατάσταση λειτουργίας ευαισθησίας συχνότητας (Frequency Sensitive Mode – FSM) και να συμμετέχουν στον Έλεγχο Διατήρησης Συχνότητας του συστήματος (ΕΔΣ).

Υπό από αυτόν τον τρόπο λειτουργίας, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να προσαρμόζει κατάλληλα την έγχυση ή την απορρόφησή ενεργού ισχύος σε αποκλίσεις συχνότητας εντός ενός προκαθορισμένου εύρους συχνοτήτων ±200mHz γύρω από τα 50,0Hz (δηλαδή, για συχνότητα συστήματος 49,8 < έως < 50,2 Hz).

Όσο η συχνότητα παραμένει κάτω από τα 50,0 Hz μείον μια νεκρή ζώνη (dead band)[[7]](#footnote-8) -10 mHz, η μονάδα θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να αυξάνει συνεχώς την ενεργό ισχύ εξόδου (είτε αυξάνοντας την παραγωγή ενεργού ισχύος στη λειτουργία εκφόρτισης, είτε μειώνοντας την κατανάλωση ενεργού ισχύος στη λειτουργία φόρτισης και, εάν είναι απαραίτητο, μεταβαίνοντας σε λειτουργία εκφόρτισης εντός του συντομότερου τεχνικά εφικτού χρόνου) υπό σταθερή κλίση ενεργού ισχύος – συχνότητας (στατισμός, s1).

Αυτή η αύξηση θα πρέπει να διαρκέσει έως ότου είτε η συχνότητα του συστήματος αποκατασταθεί σε μια τιμή εντός της νεκρής ζώνης των -10 mHz γύρω από τα 50,0 Hz είτε η μονάδα αρχίσει να παράγει (εκφόρτιση) ενεργό ισχύ ίση με τη μέγιστη ισχύ (Pmax).

Μόλις φτάσει στη μέγιστη ισχύ, η μονάδα θα συνεχίζει να λειτουργεί σε κατάσταση εκφόρτισης για όσο διάστημα υπάρχει διαθέσιμο αποθηκευμένο ενεργειακό περιεχόμενο ή όπως συμφωνηθεί μεταξύ του ιδιοκτήτη της μονάδας και του ΑΔΜΗΕ. Σε περίπτωση που η συχνότητα συστήματος μειωθεί περαιτέρω κάτω από τα 49,8 Hz και η μονάδα δεν έχει φτάσει τη μέγιστη ισχύ παραγωγής (εκφόρτιση), η μονάδα θα πρέπει να τεθεί σε λειτουργία LFSM-U σύμφωνα με την παρ. 5.2.

Ομοίως, όσο η συχνότητα παραμένει πάνω από τα 50,0 Hz πλέον μιας νεκρής ζώνης (dead band) +10 mHz, η μονάδα θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να μειώνει συνεχώς την ενεργό ισχύ εξόδου (είτε μειώνοντας την παραγωγή ενεργού ισχύος στη λειτουργία εκφόρτισης και, εάν είναι απαραίτητο, μεταβαίνοντας σε λειτουργία φόρτισης εντός του συντομότερου τεχνικά εφικτού χρόνου, είτε αυξάνοντας την κατανάλωση ενεργού ισχύος στη λειτουργία φόρτισης) υπό μια σταθερή κλίση ενεργού ισχύος – συχνότητας (στατισμός, s1).

Αυτή η μείωση θα πρέπει να διαρκέσει έως ότου είτε η συχνότητα του συστήματος μειωθεί σε μια τιμή εντός της νεκρής ζώνης των +10 mHz γύρω από τα 50,0 Hz είτε η μονάδα αρχίσει να καταναλώνει (φόρτιση) ενεργό ισχύ ίση με τη μέγιστη κατανάλωση (Pmax).

Μόλις φτάσει στη μέγιστη κατανάλωση, η μονάδα θα συνεχίζει να λειτουργεί σε κατάσταση φόρτισης μέχρι η μονάδα να συμπληρώσει το μέγιστο ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να αποθηκεύσει ή όπως άλλως συμφωνηθεί μεταξύ του ιδιοκτήτη της μονάδας και του ΑΔΜΗΕ.

Σε περίπτωση που η συχνότητα συστήματος αυξηθεί περαιτέρω πάνω από τα 50,2 Hz και η μονάδα δεν έχει φτάσει τη μέγιστη ισχύ κατανάλωσης (φόρτιση), η μονάδα θα πρέπει να τεθεί σε λειτουργία LFSM-O σύμφωνα με την παρ. 5.1.

Στην περίπτωση μιας βηματικής μεταβολής της συχνότητας (βύθισης ή αιχμής), η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να μπορεί να παρέχει ανοδική ή καθοδική (αντίστοιχα) Εφεδρεία Διατήρησης Συχνότητας (ΕΔΣ) εντός ενός εύρους ενεργού ισχύος |ΔP1| το οποίο εκφράζεται ως ποσοστό (%) της μέγιστης ισχύος (|ΔP1|/Pmax). Αυτό το εύρος ενεργού ισχύος θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 1,5-100% της μέγιστης ισχύος της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Η μονάδα θα πρέπει να είναι ικανή να ενεργοποιεί την παροχή απόκρισης συχνότητας ενεργού ισχύος σε λειτουργία FSM σύμφωνα με την *Figure 9* και με τις παραμέτρους που αναφέρονται στον Table 10 και αναλύονται περαιτέρω στη συνέχεια.

***Table 10: παράμετροι απόκρισης ενεργού ισχύος - συχνότητας σε λειτουργία FSM (επεξήγηση της Figure 9) και παράμετροι πλήρους ενεργοποίησης απόκρισης της ενεργού ισχύος σε βηματική μεταβολή συχνότητας (επεξήγηση της Figure 10)***

|  |  |
| --- | --- |
| **Παράμετρος** | **Τιμές και εύρη τιμών** |
| Εύρος ενεργού ισχύος |ΔP1|/Pmax | 1,5-100% της Pmax |
| Στατισμός | ρυθμιζόμενος μεταξύ 0,2-27% ώστε να εγγυάται την πλήρη ενεργοποίηση του εύρους |ΔP1|/Pmax σε μέγιστη απόκλιση συχνότητας ±200 mHz; |
| Συνδυαστική επίδραση της αναισθησίας απόκρισης συχνότητας & του εύρους νεκρής ζώνης (|Δfi| σε Hz, |Δfi|/fn σε α.μ.) | max ±10mHz, (0.02% α.μ.) |
| Εύρος απόκρισης συχνότητας λειτουργίας FSM | ρυθμιζόμενο, μεταξύ 0-500 mHz;  προεπιλεγμένη τιμή 200mHz |
| Μέγιστη καθυστέρηση ενεργοποίησης της λειτουργίας FSM (t1) | t1≤ 1sec (to be justified if > 1s) |
| Μέγιστη καθυστέρηση πλήρους ενεργοποίησης της FSM (t2) | t2 ≤ 30sec |



***Figure 9: απόκριση ενεργού ισχύος – συχνότητας μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε λειτουργία FSM***

Ο στατισμός έχει την ίδια τιμή και για τις δύο κατευθύνσεις ρύθμισης ενεργού ισχύος (αύξηση ή μείωση), ενώ η ενεργός ισχύς αναφοράς του στατισμού (Pref) είναι εξ΄ ορισμού η μέγιστη ισχύς της μονάδας (Pmax).

Η μονάδα θα πρέπει να μπορεί να ενεργοποιεί την πλήρη απόκριση ενεργού ισχύος συχνότητας επί της ή πάνω από την πλήρη γραμμή που φαίνεται στο Figure 10 και να εκμεταλλεύεται πλήρως την Εφεδρεία Διατήρησης Συχνότητας (ΕΔΣ) σε μια σχεδόν σταθερή απόκλιση συχνότητας συστήματος ±200 mHz.

Το σύστημα ελέγχου ενεργού ισχύος της μονάδας θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή διαφορετικών τιμών στατισμού σύμφωνα με τις ανάγκες του ΑΔΜΗΕ (ρυθμιζόμενος στατισμός μεταξύ 0,2-27%, έτσι ώστε να διασφαλίζεται πλήρης παροχή του εύρους ισχύος (|ΔP1|/Pmax) για μέγιστη απόκλιση συχνότητας ±200 mHz) ενώ θα πρέπει να επιτρέπει την εφαρμογή της λειτουργίας FSM εντός οποιουδήποτε εύρους συχνοτήτων μεταξύ 49,5 Hz και 50,5 Hz, εξαιρουμένων.

Η υστέρηση της ενεργοποίησης της απόκρισης συχνότητας ενεργού ισχύος στη λειτουργία FSM (t1) πρέπει να είναι μικρότερη από 1 sec και δεν πρέπει να παρατείνεται σκόπιμα. Ο ιδιοκτήτης της μονάδας θα πρέπει να δικαιολογήσει οποιαδήποτε χρονική καθυστέρηση μεγαλύτερη από t1=1sec παρέχοντας τεχνικά στοιχεία στον ΑΔΜΗΕ.

Η πλήρης απόκριση ενεργού ισχύος θα πρέπει να παρέχεται και το σύνολο της εφεδρείας διατήρησης συχνότητας (ΕΔΣ) θα πρέπει να αξιοποιείται πλήρως μέσα σε χρόνο t2 μικρότερο από 30 sec.

Η παροχή πλήρους απόκρισης ενεργού ισχύος θα πρέπει να διατηρείται για περίοδο τουλάχιστον 15 min μετά την πλήρη ανάπτυξή της, εκτός εάν αυτό περιορίζεται από το ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να αποθηκεύσει η μονάδα ή όπως έχει συμφωνηθεί μεταξύ της εγκατάστασης ηλεκτροπαραγωγής και του ΑΔΜΗΕ.

Η ΕΔΣ πρέπει να είναι ξανά διαθέσιμη 15 min μετά την ενεργοποίησή της, υποθέτοντας ότι έχει επιτευχθεί η ονομαστική συχνότητα, εκτός εάν αυτό περιορίζεται από το ενεργειακό περιεχόμενο που μπορεί να αποθηκεύσει η μονάδα ή όπως έχει συμφωνηθεί μεταξύ του ιδιοκτήτη της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και του ΑΔΜΗΕ.

Εντός των χρονικών ορίων που ορίζονται στον Table 10, ο έλεγχος ενεργού ισχύος δεν πρέπει να έχει αρνητικές επιπτώσεις (π.χ. εμφάνιση ασθενώς αποσβεσμένων ταλαντώσεων ενεργού ισχύος) στην απόκριση ενεργού ισχύος συχνότητας των μονάδων.



***Figure 10: Ικανότητα απόκρισης ενεργού ισχύος σε βηματική μεταβολή συχνότητας***

Σε ό,τι αφορά τον έλεγχο επαναφοράς συχνότητας, το σύστημα ελέγχου ενεργού ισχύος της μονάδας θα παρέχει δυνατότητες λειτουργίας σύμφωνα με τις προδιαγραφές του ΑΔΜΗΕ, με στόχο την επαναφορά της συχνότητας στην ονομαστική της τιμή ή τη διατήρηση των ροών ανταλλαγής ισχύος μεταξύ των περιοχών ελέγχου στις προγραμματισμένες τιμές τους. Οι απαιτήσεις αυτές θα είναι σύμφωνες με τα Άρθρα 154, 156, 158, 161, 165 των Κατευθυντήριων Οδηγιών Λειτουργίας Συστήματος (NC-SoGL) και τις ισχύουσες απαιτήσεις του ΑΔΜΗΕ. Οι απαιτήσεις αυτές θα συμφωνούνται ανά περίπτωση κατά τη διαδικασία σύνδεσης στο ΕΣΜΗΕ και θα καθορίζονται επακριβώς στη σύμβαση σύνδεσης.

Σε περίπτωση υποσυχνότητας, οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας σε λειτουργία φόρτισης θα πρέπει να μπορούν να αποσυνδεθούν. Αυτή η απαίτηση δεν επεκτείνεται στις παροχές των βοηθητικών φορτίων.

Οι απαιτήσεις σχετικά με την παρακολούθηση του FSM σε πραγματικό χρόνο προσδιορίζονται στο κεφάλαιο 11.

# Ικανότητα αέργου ισχύος

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ θα συμβάλουν στον έλεγχο τάσεως στο σημείο σύνδεσης με το σύστημα παρέχοντας (εγχέοντας ή απορροφώντας) άεργο ισχύ.

Σε αυτήν την Τεχνική Οδηγία, η ικανότητα άεργου ισχύος μιας μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας καθορίζεται από δύο συμπληρωματικές καμπύλες στο πλαίσιο τόσο της μεταβαλλόμενης τάσης στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ όσο και στην παραγόμενη από τη μονάδα ενεργό ισχύ.

Η πρώτη καμπύλη θεωρεί ότι η μονάδα λειτουργεί στη μέγιστη ισχύ [[8]](#footnote-9) (P=Pmax) και ορίζεται ως το προφίλ U-Q/Pmax της τάσεως στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ («U», εκφρασμένο σε α.μ. της τάσης αναφοράς στο σημείο σύνδεσης), έναντι του λόγου της ροής άεργου ισχύος «Q» στο σημείο σύνδεσης ως προς τη μέγιστη ισχύ της μονάδας (Pmax).

Η δεύτερη καμπύλη θεωρεί ότι η μονάδα λειτουργεί με ισχύ μικρότερη από τη μέγιστη (P<Pmax) και ορίζεται ως το προφίλ P-Q/Pmax της ενεργού παραγωγής ενέργειας της μονάδας («P», εκφρασμένο σε α.μ. σε σχέση με τη μέγιστη ισχύ της μονάδας), έναντι του λόγου της ροής άεργου ισχύος «Q» στο σημείο σύνδεσης ως προς τη μέγιστη ισχύ της μονάδας (Pmax).

Και στις δύο καμπύλες, η ροή άεργου ισχύος θεωρείται θετική (+Q) όταν εγχέεται στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ και ως αρνητική (-Q) όταν απορροφάται από αυτό.

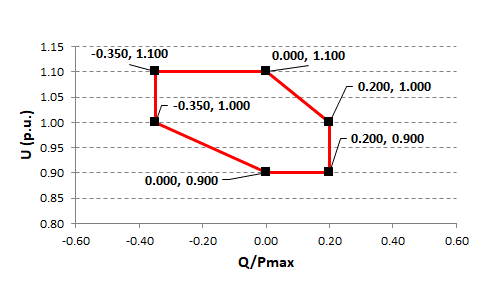
Το προφίλ τάσεως (U) στο σημείο σύνδεσης (που ορίζεται από την πρώτη καμπύλη, P=Pmax) θα πρέπει να τηρείται όταν εξετάζεται η λειτουργία της μονάδας για παραγωγή μικρότερη από τη μέγιστη ισχύ (δεύτερη καμπύλη, P<Pmax).

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο σύστημα 150 kV του ΕΣΜΗΕ και λειτουργούν υπό μέγιστη ισχύ (Pmax) πρέπει να παρέχουν ή να απορροφούν άεργο ισχύ στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ εντός και επί των ορίων του κόκκινου προφίλ U-Q/Pmax του Figure 11, όπου U είναι το επίπεδο τάσεως στο σημείο σύνδεσης εκφρασμένο σε α.μ. της τιμής αναφοράς (150kV), Q είναι η ροή αέργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης και Pmax είναι η μέγιστη ισχύς της μονάδας.

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο σύστημα 400 kV του ΕΣΜΗΕ και λειτουργούν υπό μέγιστη ισχύ (Pmax) πρέπει να παρέχουν ή να απορροφούν άεργο ισχύ στο στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ εντός και επί των ορίων του κόκκινου προφίλ U-Q/Pmax του Figure 12, όπου U είναι το επίπεδο τάσεως στο σημείο σύνδεσης εκφρασμένο σε α.μ. της τιμής αναφοράς (400kV), Q είναι η ροή άεργου ισχύος στο στο σημείο σύνδεσης και Pmax είναι η μέγιστη ισχύς της μονάδας.

Το σημείο λειτουργίας της μονάδας θα πρέπει να μπορεί να μετακινείται σε οποιοδήποτε σημείο εντός ή επί του προφίλ U-Q/Pmax σε χρόνους και για τιμές-στόχους (set point) που ορίζονται από τον ΑΔΜΗΕ.

Οι τιμές στόχοι θα πρέπει πάντα να λαμβάνουν υπόψη τόσο την τεχνική διαθεσιμότητα των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρισμού (ESU) (δηλαδή τον αριθμό των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρισμού που είναι διαθέσιμες και δεν είναι εκτός λειτουργίας λόγω συντήρησης ή βλάβης) όσο και τη διαθεσιμότητα του ενεργειακού περιεχομένου που είναι αποθηκευμένο στη μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.



***Figure 11:*** ***U-Q/Pmax-προφίλ μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με σύνδεση στα 150kV***

Chart, line chart

Description automatically generated

***Figure 12: U-Q/Pmax-προφίλ μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με σύνδεση στα 400kV***

Σε αυτή την Τεχνική Οδηγία, οι ακραίες τιμές του λόγου Q/Pmax που ορίζονται στα Figure 11 και Figure 12 ορίζουν την ελάχιστη και τη μέγιστη άεργο ισχύ της μονάδας.

Η ελάχιστη άεργος ισχύς της μονάδας "-Qmin" έχει αρνητική τιμή και είναι η μέγιστη άεργος ισχύς που απορροφάται από το σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ.

Η μέγιστη άεργος ισχύς της μονάδας "+Qmax" έχει θετική τιμή και είναι η μέγιστη άεργος ισχύς που εγχέεται στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ.

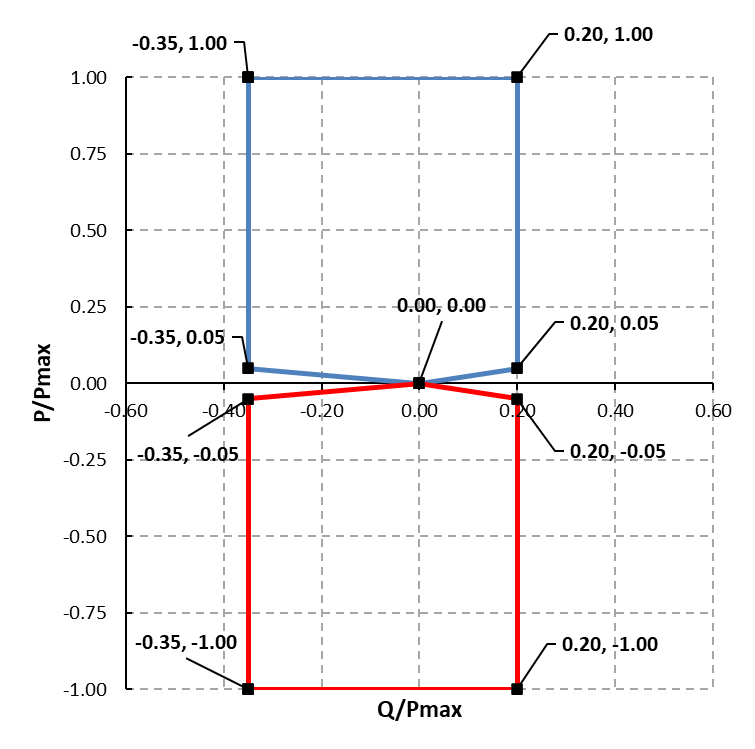
Τόσο το "-Qmin" όσο και το "+Qmax" μπορούν να εκφραστούν ως ποσοστό (%) της μέγιστης ισχύος της μονάδας, όπως φαίνεται στον Table 11.

***Table 11: Ορισμός μέγιστης και ελάχιστης αέργου ισχύος***

|  |  |
| --- | --- |
| **Ελάχιστη άεργος ισχύς “-Qmin”**  **που απορροφάται από το σημείο σύνδεσης** | **Μέγιστη άεργος ισχύς “+Qmax” που εγχέεται στο σημείο σύνδεσης** |
| (%) Pmax | (%) Pmax |
| -35% | +20% |

Όσον αφορά την ικανότητα άεργου ισχύος μιας μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας όταν αυτή λειτουργεί κάτω από τη μέγιστη ισχύ (P<Pmax), η μονάδα θα πρέπει να είναι ικανή να παρέχει άεργο ισχύ σε οποιοδήποτε σημείο λειτουργίας εντός και επί των ορίων του προφίλ P-Q/Pmax που ορίζεται στο Figure 13 (για συνδέσεις στο σύστημα των 150kV ή 400kV του ΕΣΜΗΕ) ενώ ταυτόχρονα τηρεί το προφίλ U-Q/Pmax της Figure 11 και Figure 12 (για σημεία σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ στα 150 και 400kV, αντίστοιχα).

Το σημείο λειτουργίας της μονάδας θα πρέπει να μπορεί να μετακινείται σε οποιοδήποτε σημείο λειτουργίας εντός ή επί του προφίλ P-Q/Pmax σε χρόνους και για τιμές-στόχους (set point) που ορίζονται από τον ΑΔΜΗΕ.



***Figure 13: P-Q/Pmax-προφίλ μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με σύνδεση στα 150/400kV***

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρισμού (ESU) της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν άεργο ισχύ στους ακροδέκτες τους τουλάχιστον ίση με το ±80% της μέγιστης ισχύος τους ακόμη και σε μηδενική παραγωγή ή κατανάλωση ενεργού ισχύος. Ο ΑΔΜΗΕ διατηρεί το δικαίωμα να ορίσει ανά περίπτωση απαιτήσεις αέργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ για παραγωγή ή κατανάλωση ενεργού ισχύος από τη μονάδα μικρότερη του 5% του Pmax (0<|P|<5% Pmax).

Ο ΑΔΜΗΕ δύναται να καθορίζει συμπληρωματικές απαιτήσεις αέργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ σε περίπτωση που ισχύουν ειδικές ανάγκες ή συνθήκες (ενδεικτικά και όχι αποκλειστικά: συνδέσεις σε ασθενή σημεία του ΕΣΜΗΕ, ειδικές ανάγκες αντιστάθμισης αέργου ισχύος ή ρύθμισης τάσεως, ασυνήθιστες τοπολογίες σύνδεσης δικτύου ή εποχιακό προφίλ τάσεως). Αυτή η συμπληρωματική άεργος ισχύς καθορίζεται ανά περίπτωση και παρέχεται από τη μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Για την παροχή της απαιτούμενης πρόσθετης αέργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας μπορεί να χρειαστεί να συμπληρώσει την άεργο ισχύ που παρέχει με αυτόματα (δυναμικά) ρυθμιζόμενες συσκευές VAR (όπως SVC ή STATCOM) ή συσκευές με δυνατότητα αυτόματης μεταγωγής στατών VAR (όπως συστοιχίες πυκνωτών ή πηνίων). Αυτές οι συσκευές μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αντιστάθμιση των απωλειών αέργου ισχύος στο δίκτυο σύνδεσης της μονάδας κατάντι του σημείου σύνδεσης.

Οποιεσδήποτε προτάσεις του ιδιοκτήτη της μονάδας για την κάλυψη ειδικών απαιτήσεων αέργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ με συνδυασμό τέτοιων συσκευών και της ικανότητας άεργου ισχύος της μονάδας υπόκεινται στην έγκριση του ΑΔΜΗΕ και θα περιλαμβάνονται στη σύμβαση σύνδεσης.

# Έλεγχος αέργου ισχύος

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ θα έχουν τη δυνατότητα να ρυθμίζουν την παραγωγή άεργου ισχύος συμβάλλοντας στη ρύθμιση της τάσης στο σημείο σύνδεσης. Για να επιτευχθεί αυτό, οι μονάδες θα πρέπει να είναι εξοπλισμένες με συστήματα ελέγχου ικανά να παρέχουν ισχύος λειτουργίες ελέγχου τάσεως, αέργου ισχύος ή συντελεστή ισχύος.

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα μπορούν να λειτουργούν και να εφαρμόζουν αυτόματα σημεία ρύθμισης (set point) τάσεως, άεργου ισχύος ή συντελεστή ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ σύμφωνα με εντολές που εκδίδονται εξ αποστάσεως και σε πραγματικό χρόνο από το Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΕΚΕΕ) του ΑΔΜΗΕ. Για να επιτευχθεί αυτό, οι μονάδες θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταλλάσσουν σε πραγματικό χρόνο σήματα και πληροφορίες με το ΕΚΕΕ.

Ανά περίπτωση, ο ΑΔΜΗΕ ενδέχεται να απαιτεί τη λειτουργία ελέγχου τάσως, άεργου ισχύος ή συντελεστή ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ ακόμη και για μηδενική παραγωγή ή απορρόφηση ενεργού ισχύος.

Ο ΑΔΜΗΕ θα συμφωνεί με τον ιδιοκτήτη της μονάδας για το ποιες από τις παραπάνω επιλογές λειτουργίας ελέγχου πρέπει να εφαρμοστούν και ποιος περαιτέρω εξοπλισμός ενδέχεται να απαιτείται για να γίνει δυνατή η εξ αποστάσεως εφαρμογή του σχετικού σημείου ρύθμισης (set point).

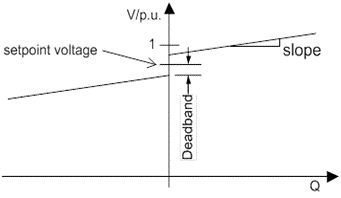
Σε περίπτωση απώλειας επικοινωνίας με το ΕΚΕΕ ή βλάβης μεταξύ του ελεγκτή της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και των επιμέρους μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρισμού θα εφαρμόζεται η τελευταία μεταδιδόμενη τιμή, εάν δεν ορίζεται διαφορετικά από τον ΑΔΜΗΕ.

Οποιαδήποτε άλλη συσκευή ελέγχου τάσης/άεργου ισχύος (όπως στατές ή ρυθμιζόμενες συστοιχίες πυκνωτών, SVC, STATCOM ή άλλες συσκευές FACT κ.λπ.), θα συνεργάζεται ομαλά με τη μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για την υλοποίηση αυτών των λειτουργιών ελέγχου.

Εάν ορίζεται από τον ΑΔΜΗΕ, μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέεται στο ΕΣΜΗΕ θα πρέπει να μπορεί να συμβάλλει θετικά στην απόσβεση ταλαντώσεων ισχύος χαμηλής συχνότητας. Τα χαρακτηριστικά του συστήματος ελέγχου τάσης/άεργου ισχύος της μονάδας δεν θα πρέπει να επηρεάζουν αρνητικά την απόσβεση των ταλαντώσεων ισχύος.

## Λειτουργία ελέγχου τάσεως

Μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέεται στο ΕΣΜΗΕ και λειτουργεί υπό λειτουργία ελέγχου τάσης θα μπορεί να ρυθμίζει τη ροή άεργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ υπό μια σταθερή κλίση τάσης – αέργου ισχύος (voltage droop) όταν η τάση στο σημείο σύνδεσης αποκλίνει από μια επιθυμητή τιμή ρύθμισης, Figure 14.



***Figure 14: λειτουργία ελέγχου τάσεως***

Η μονάδα θα είναι ικανή να εφαρμόζει set point τάσεως στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ εντός του εύρους 0,95 έως 1,05 (σε α.μ. της τάσης αναφοράς στο σημείο σύνδεσης) σε βήματα όχι μεγαλύτερα από 0,01 α.μ.

Η κλίση της χαρακτηριστικής τάσεως – αέργου ισχύος (ΔV/ΔQ) θα έχει εύρος τουλάχιστον 2% έως 7%, μεταβαλλόμενο σε βήματα όχι μεγαλύτερα από 0,5%. Αυτή η χαρακτηριστική ορίζεται ως ο λόγος (εκφρασμένος σε %) της απόκλισης τάσης στο σημείο σύνδεσης ΔV από την επιθυμητή τιμή (εκφρασμένη σε α.μ. της τιμής αναφοράς της τάσεως στο σημείο σύνδεσης) προς την αντίστοιχη μεταβολή της ροής άεργου ισχύος ΔQ στο σημείο σύνδεσης (εκφρασμένη σε α.μ. της μέγιστης άεργου ισχύος της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας).

Η ροή άεργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ θα είναι μηδέν όταν η τάση στο σημείο σύνδεσης ισούται με μια τιμή που ορίζεται από τον ΑΔΜΗΕ ανά περίπτωση. Το σημείο ρύθμισης τάσης μπορεί να λειτουργήσει με ή χωρίς νεκρή ζώνη (που επιλέγεται εντός του εύρους 0 έως ±5% της τάσης αναφοράς 1 α.μ. στο σημείο σύνδεσης), σε βήματα όχι μεγαλύτερα από 0,5%.

Μετά από μια βηματική αλλαγή της τάσης στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ, η μονάδα θα πρέπει να είναι σε θέση να επιτύχει το 90% της μεταβολής της ροής άεργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης που καθορίζεται από την κλίση (ΔQ,ΔV) εντός χρόνου ανόδου (rise time) t1 στην από 1 έως 5 sec και πρέπει να εξισορροπεί σε αυτή την τιμή εντός ενός χρόνου εξισορρόπησης t2 από 5 έως 60 sec, με ανοχή αέργου ισχύος στη μόνιμη κατάσταση όχι μεγαλύτερη από το 5% της μέγιστης άεργου ισχύος.

***Table 12: στατικές και δυναμικές παράμετροι λειτουργίας ελέγχου τάσεως***

|  |  |
| --- | --- |
| **Παράμετροι** | **Εύρη τιμών** |
| Set point τάσεως | 0.95 α.μ. ως 1.05 α.μ. |
| Βήμα μεταβολής του set point τάσεως | ≤ 0.01 α.μ. |
| Νεκρή ζώνη | 0 ως ±5% |
| Βήμα μεταβολής νεκρής ζώνης | ≤ 0.5% |
| Κλίση | Κατά ελάχιστο 2% ως 7% |
| Βήμα μεταβολής κλίσης | ≤ 0.5% |
| Χρόνος ανύψωσης t1 | 1 ως 5 sec |
| Χρόνος εξισορρόπησης t2 | 5 ως 60 sec |
| Ανοχή στη μόνιμη κατάσταση | ≤ 5% (\*) |

(\*) σε % της μέγιστης αέργου ισχύος της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας

Οι στατικές και δυναμικές παράμετροι της λειτουργίας ελέγχου τάσεως συνοψίζονται στον Table 12.

## Λειτουργία ελέγχου αέργου ισχύος

Μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέεται στο ΕΣΜΗΕ σε λειτουργία ελέγχου άεργου ισχύος θα πρέπει να μπορεί να εφαρμόζει στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ ένα σημείο ρύθμισης (set point) άεργου ισχύος σε οποιοδήποτε σημείο επί ή εντός των προφίλ U-Q/Pmax και P-Q/Pmax που καθορίζονται στα Figure 11, Figure 12 και Figure 13.

Τα βήματα μεταβολής του σημείου ρύθμισης άεργου ισχύος δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερα από ±5Mvar ή ±5% της πλήρους άεργου ισχύος[[9]](#footnote-10) (όποια τιμή είναι μικρότερη).

## Λειτουργία ελέγχου συντελεστή ισχύος

Μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέεται στο ΕΣΜΗΕ σε λειτουργία ελέγχου συντελεστή ισχύος θα πρέπει να μπορεί να μεταβάλλει τη ροή άεργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ εντός των προφίλ U-Q/Pmax και P-Q/Pmax που ορίζονται στο Figure 11, Figure 12 και Figure 13, και να εφαρμόζει τιμές στόχου (set point) συντελεστή ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ.

Η τιμή του set point θα εφαρμόζεται επί μιας προκαθορισμένης τιμής σε βήματα με εύρος Δcosφ όχι μικρότερο από 0,005 και όχι μεγαλύτερο από 0,01 (0,005≤ Δcosφ ≤0,01). Εάν δεν υπάρχει προκαθορισμένη τιμή συντελεστή ισχύος στο σημείο σύνδεσης, τότε μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση η τιμή cosϕ=1,00.

Κατά την εφαρμογή της λειτουργίας ελέγχου συντελεστή ισχύος, η ανταλλαγή άεργου ισχύος στο σημείο σύνδεσης μεταβάλλεται ως συνάρτηση της έγχυσης ενεργού ισχύος. Έτσι, η ανοχή (tolerance) της λειτουργίας ελέγχου συντελεστή ισχύος στο σημείο σύνδεσης μπορεί να αξιολογηθεί με βάση τη μέγιστη ικανότητα της μονάδας και δε θα πρέπει να υπερβαίνει το ±2% Pmax.

Ο χρόνος που απαιτείται από τη μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας για να επιτύχει την τιμή του set point εντός αυτής της ανοχής δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 60 sec.

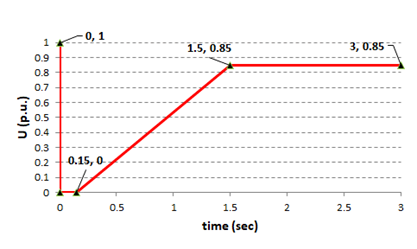
# Απαιτήσεις Ευρωστίας

Οι απαιτήσεις αυτού του κεφαλαίου ορίζουν τις τεχνικές ικανότητες των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας κατά τη διάρκεια και λίγο μετά από την εκδήλωση συμμετρικών σφαλμάτων και θεωρούνται ως συμπληρωματικές μεταξύ τους. Οι υπό εξέταση απαιτήσεις είναι:

* η ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας έπειτα από σφάλμα (Low Voltage Ride Through – LVRT),
* η αποκατάσταση ενεργού ισχύος μετά από σφάλμα, και
* η παροχή ταχέως άεργου ρεύματος σε σφάλμα (fast fault reactive current – FFRC) κατά τη διάρκεια βυθίσεων ή ανυψώσεων τάσης.

## Ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε σφάλμα

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ θα πρέπει να μπορούν να παραμένουν συνδεδεμένες στο ηλεκτρικό δίκτυο και να συνεχίζουν να λειτουργούν ομαλά σε εκκαθαριζόμενα συμμετρικά σφάλματα που εκδηλώνονται στο σύστημα μεταφοράς, σύμφωνα με το προφίλ της τάσεως στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ (που εκφράζεται ως ο λόγος της πραγματικής τιμής ως προς την τιμή αναφοράς 1,0 α.μ. στο σημείο σύνδεσης) έναντι του χρόνου, του Figure 15. Το προφίλ αυτό, εκφράζει ένα κατώτερο όριο της πραγματικής εξέλιξης των πολικών τάσεων στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ κατά τη διάρκεια ενός συμμετρικού σφάλματος ως συνάρτηση του χρόνου πριν, κατά τη διάρκεια και μετά το σφάλμα.



***Figure 15: προφίλ*** ***LVRT ελάχιστης πολικής τάσεως στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ ικανότητας αδιάλειπτης λειτουργίας σε σφάλμα***

Η ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε σφάλμα ισχύει για τις ακόλουθες συνθήκες πριν την εκδήλωση του σφάλματος:

* η τάση στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ είναι εντός του ±10% της ονομαστικής τιμής
* η τάση στους ακροδέκτες όλων των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρισμού ESU είναι εντός του ±10% της ονομαστικής τους τάσης
* όλες οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρισμού ESU λειτουργούν εντός της καμπύλης δυνατοτήτων τους (P,Q).

Η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να μπορεί να παραμένει συνδεδεμένο στο ηλεκτρικό δίκτυο και να συνεχίζει να λειτουργεί ομαλά όταν η πραγματική πορεία των πολικών τάσεων στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ κατά τη διάρκεια ενός συμμετρικού σφάλματος παραμένει πάνω από το προφίλ LVRT του Figure 15, εκτός εάν το σχήμα προστασίας και οι ρυθμίσεις των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρισμού ESU ή του ηλεκτρικού δικτύου MV/LV κατάντη του σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ και υπό την ευθύνη του ιδιοκτήτη της μονάδας, απαιτεί την αποσύνδεση της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Τα συστήματα και οι ρυθμίσεις προστασίας υπό την ευθύνη του ιδιοκτήτη της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δεν θα πρέπει να αναιρούν την ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε σφάλμα στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ. Ενδεικτικά και μη εξαντλητικά:

* Οι προστασίες υπό/υπέρτασης (εάν υπάρχουν κατάντη του σημείου σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ) θα ρυθμίζονται από τον ιδιοκτήτη της μονάδας σύμφωνα με την ευρύτερη δυνατή τεχνική ικανότητα των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρισμού (ESU), εκτός εάν ο ΑΔΜΗΕ απαιτεί στενότερες ρυθμίσεις.
* Οι προστασίες υπέρ/υπό συχνότητας (εάν υπάρχουν κατάντη του του σημείου σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ) θα ρυθμίζονται από τον ιδιοκτήτη της μονάδας σύμφωνα με τις απαιτήσεις που καθορίζονται στην παρ. 3.1, Table 4.

Η ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε περίπτωση ασύμμετρων σφαλμάτων θεωρείται ταυτόσημη με την ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε συμμετρικά σφάλματα, εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά από τον ΑΔΜΗΕ.

Ο ΑΔΜΗΕ θα παρέχει στον ιδιοκτήτη της της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας όλα τα απαραίτητα δεδομένα (ελάχιστη στάθμη β/κ πριν και μετά από σφάλμα, γωνία σύνθετης αντίστασης δικτύου) για το σημείο σύνδεσης της μονάδας με το ΕΣΜΗΕ που πρέπει να ληφθούν υπόψη για την αξιολόγηση της ικανότητας LVRT της μονάδας.

## Αποκατάσταση ενεργού ισχύος μετά από σφάλμα

Μια μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που δεν αποσυνδέεται από το ΕΣΜΗΕ κατά τη διάρκεια ή αμέσως μετά από την εκκαθάριση ενός συμμετρικού σφάλματος, θα πρέπει να μπορεί να ανακτήσει το 90% της ενεργού ισχύος εξόδου που ενέχεε ή απορροφούσε πριν από το σφάλμα σε λιγότερο από 2 sec μετά την αποκατάσταση σφάλματος, υπό την προϋπόθεση ότι η τάση U στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ εξισορροπεί σε τιμή ίση ή μεγαλύτερη από 0,90 α.μ. της τιμής τάσεως αναφοράς στο σημείο σύνδεσης (U ≥ 0,90 α.μ.). Η ακρίβεια της αποκαταστάσεως της ενεργού ισχύος είναι ±5% της ενεργού ισχύος εξόδου πριν από την εμφάνιση σφάλματος ή ± 5 MW (όποια τιμή είναι μικρότερη).

## Ικανότητα έγχυσης ταχέως αέργου ρεύματος (FFRC)

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ θα πρέπει να είναι ικανές να παρέχουν συνεχή δυναμική υποστήριξη τάσης κατά τη διάρκεια διαταραχών του συστήματος που οδηγούν σε σημαντικές αποκλίσεις τάσης από την ονομαστική τιμή (βυθίσεις ή ανυψώσεις) στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ.

Για να επιτευχθεί αυτό, οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρισμού (ESU) της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να προσαρμόζουν γρήγορα (εγχέοντας σε βυθίσεις ή απορροφώντας σε ανυψώσεις τάσεως) το άεργο ρεύμα που παράγουν όταν ανιχνεύουν μεταβολές στις τάσεις των ακροδεκτών τους (ταχέως εγχεόμενο άεργο ρεύμα σε σφάλμα - Fast Fault Reactive Current, FFRC). Το FFRC ρεύμα, θα πρέπει να θεωρείται ως πρόσθετο του ρεύματος που εγχέεται ή απορροφάται από την ESU πριν τη μεταβολή τάσεως στους ακροδέκτες της. Το άθροισμα του ρεύματος της ESU πριν από τις αλλαγές τάσης και του πρόσθετου άεργου ρεύματος μπορεί να λάβει τιμές μέχρι το μέγιστο ρεύμα κάθε μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρισμού ESU (Imax).

Μετά το τέλος της διαταραχής και την αποκατάσταση της τάσης ακροδεκτών της ESU εντός κανονικών ορίων λειτουργίας, το FFRC θα πρέπει να απενεργοποιηθεί και η ESU θα πρέπει να ακολουθεί την κανονική, πριν από διαταραχή τάσης, λειτουργία ελέγχου τάσεως, άεργου ισχύος ή συντελεστή ισχύος.

Η απαίτηση για την παροχή FFRC από τις μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρισμού μιας μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέεται στο ΕΣΜΗΕ, έχει ως εξής:

1. *Η απαίτηση για FFRC εφαρμόζεται σε συνθήκες όπου η πολική τάση (U)* *στους ακροδέκτες του ESU αποκλίνει περισσότερο από - 15% / +10% της ονομαστικής τάσεως (U < 0,85α.μ. ή U> 1,10α.μ.). Αν η πολική τάση (U) στους ακροδέκτες του ESU αποκαθίσταται μεταξύ των ορίων 0,85α.μ. και 1,10α.μ. (0,85α.μ. ≤ U ≤ 1,10 α.μ.), τότε το ESU θα επιστρέφει στον προ του σφάλματος τρόπο λειτουργίας.*
2. *Η απαίτηση για FFRC δεν εφαρμόζεται σε σφάλματα με παραμένουσα τάση U ≤ 0.15α.μ. στους ακροδέκτες του ESU.*
3. *Η μεταβολή* *της τάσεως θετικής ακολουθίας (Δu1) ορίζεται ως η απόκλιση της τάσεως θετικής ακολουθίας στους ακροδέκτες του ESU από την τάση πριν την εκδήλωση του σφάλματος, εκφρασμένη σε (α.μ.) της ονομαστικής τάσεως στους ακροδέκτες του ESU, (UN):*

*όπου:*

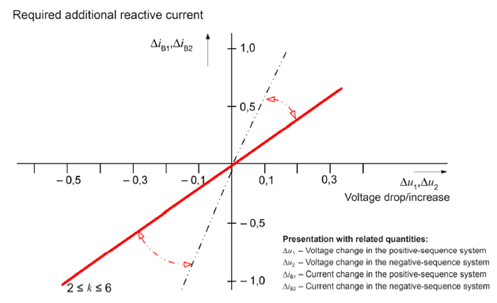
*είναι η τάση θετικής ακολουθίας κατά τη διάρκεια του σφάλματος, είναι η τάση προ του σφάλματος και είναι η ονομαστική τάση* *στους ακροδέκτες του ESU, αντίστοιχα*

1. *Ομοίως, το πρόσθετο ρεύμα θετικής ακολουθίας (ΔiB1) εκφράζεται σε τιμές (α.μ.) του ονομαστικού ρεύματος (Ir) κάθε ESU.*

*όπου:*

*είναι το άεργο ρεύμα θετικής ακολουθίας κατά τη διάρκεια του σφάλματος, είναι το προ του σφάλματος ρεύμα στους ακροδέκτες του ESU και είναι το ονομαστικό ρεύμα κάθε ESU, αντίστοιχα.*

1. *Το πρόσθετο άεργο ρεύμα θετικής ακολουθίας ΔiB1 θα είναι ανάλογο της μεταβολής της τάσεως θετικής ακολουθίας στους ακροδέκτες του ESU. Ο συντελεστής αναλογίας θα είναι ρυθμιζόμενος μεταξύ 2 και 6 (2 ≤ ≤ 6) σε βήματα των 0,5. Αν ο συντελεστής αναλογίας δεν ορίζεται από τον ιδιοκτήτη της μονάδας, θα θεωρείται μια εξ’ ορισμού τιμή ίση με 2 για κάθε ESU, Figure 16:*



**Figure 16: αρχή παροχής δυναμικής στήριξης τάσεως σε υπο/υπερ-τάσεις στους ακροδέκτες του ESU όπου φαίνονται οι αποκλίσεις τάσεως και τα πρόσθετα ρεύματα συμμετρικής ακολουθίας**

1. *Το εύρος ανοχής για το πρόσθετο άεργο ρεύμα θετικής ακολουθίας 〖Δi〗\_B1 φαίνεται στο Figure 17. Σε περίπτωση μιας ξαφνικής ανύψωσης τάσεως στους ακροδέκτες του ESU (τεταρτημόριο 1) τα όρια ανοχής είναι σταθερά και καθορίζονται από τις πράσινες γραμμές με κλίσεις k = 2 και k = 6, αντίστοιχα. Η κάτω πράσινη γραμμή έχει απόσταση -10% · Ir από την ευθεία γραμμή που διέρχεται από το σημείο μηδέν με k = 2. Η άνω πράσινη γραμμή έχει απόσταση +10% · Ir από την ευθεία γραμμή που διέρχεται από το σημείο μηδέν με k = 6.*

*Στην περίπτωση μιας ξαφνικής μείωσης τάσεως στους ακροδέκτες του ESU (τεταρτημόριο 3) τα όρια ανοχής καθορίζονται αποκλειστικά από την τιμή του συντελεστή k (στο Figure 17,* *k=kset-point). Η κάτω πράσινη γραμμή έχει απόσταση -20% · Ir από την ευθεία γραμμή που διέρχεται από το σημείο μηδέν με κλίση k= kset-point. Ομοίως, η άνω πράσινη γραμμή έχει απόσταση +20% · Ir από την ευθεία γραμμή που διέρχεται από το σημείο μηδέν με κλίση k= kset-point.*

Diagram

Description automatically generated with medium confidence

**Figure 17: εύρος ανοχής για το πρόσθετο άεργο ρεύμα**

1. *Μετά την εκδήλωση της διαταραχής, οι χρόνοι απόκρισης του άεργου ρεύματος στους ακροδέκτες του ESU θα είναι μεταξύ των ακόλουθων τιμών:*

*(a) χρόνος βηματικής απόκρισης (**δηλ. ο χρόνος που χρειάζεται το πρόσθετο ρεύμα να προσεγγίσει το 90% της τελικής σταθερής του τιμής), tr ≤ 30 msec, και*

*(b) χρόνος εξισορρόπησης (δηλ. ο χρόνος που χρειάζεται το πρόσθετο ρεύμα προκειμένου να παραμείνει μόνιμα μεταξύ του +20% και -10% της τελικής σταθερής του τιμής), te ≤ 60 msec*

*IΕάν κριθεί απαραίτητο, αυτοί οι χρόνοι απόκρισης μπορεί να μετρηθούν επιπλέον μιας χρονικής περιόδου ανίχνευσης σφάλματος ti = 20msec.*

1. *Κατά την παροχή του FFCR κάθε ESU θα εγχέει ή θα απορροφά στους ακροδέκτες του συνολικό ρεύμα το πολύ ίσο με το μέγιστο επιτρεπόμενο ρεύμα (Imax).*
2. *Το ενεργό ρεύμα μπορεί να μειώνεται υπέρ του εγχεόμενου αέργου ρεύματος (σύμφωνα με τις δυνατότητες και τις συνθήκες που υποδεικνύονται από τον κατασκευαστή). Αν το ενεργό ρεύμα μειώνεται κατά τη διάρκεια της διαταραχής προκειμένου να διευκολυνθεί η ταχεία έγχυση του αέργου ρεύματος τότε, αμέσως μετά το τέλος της διαταραχής, το ενεργό ρεύμα θα πρέπει συνεχόμενα και όσο το δυνατό πιο γρήγορα να αυξηθεί στην προ του σφάλματος τιμή του, λαμβάνοντας υπόψη τις τεχνικές δυνατότητες και το σημείο λειτουργίας του ESU. Σε κάθε περίπτωση, η μείωση του ενεργού ρεύματος υπέρ του ταχέως εγχεόμενου άεργου ρεύματος θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν πιο μικρή.*
3. *Κατά την εκδήλωση σφαλμάτων για τα οποία ισχύει η απαίτηση για LVRT, η παροχή αέργου ισχύος έχει προτεραιότητα έναντι της παροχής ενεργού ισχύος, εκτός αν συμφωνηθεί διαφορετικά με τον ΑΔΜΗΕ.*

## Ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε υψηλή τάση

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ, θα πρέπει να μπορούν να παραμένουν συνδεδεμένες στο ηλεκτρικό δίκτυο και να συνεχίζουν να λειτουργούν ομαλά κατά τη διάρκεια εμφάνισης παροδικών συμμετρικών ανυψώσεων τάσεως στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ, σύμφωνα με το προφίλ της τάσεως (που εκφράζεται ως ο λόγος της πραγματικής τιμής ως προς την τιμή αναφοράς 1,0 α.μ.) έναντι του χρόνου, του Figure 18.



**Figure 18: προφίλ μέγιστης πολικής τάσεως στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ ικανότητας αδιάλειπτης λειτουργίας σε υψηλή τάση**

Αυτό το προφίλ εκφράζει ένα υψηλότερο όριο της πραγματικής πορείας των πολικών τάσεων στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ ως συνάρτηση του χρόνου, πριν, κατά τη διάρκεια και μετά από μια διαταραχή που προκαλεί ανύψωση τάσης.

Urecf είναι η μέγιστη τάση στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ όπως καθορίζεται στην παρ. 3.2 και ισούται με:

* 1,15 p.u. για σημεία σύνδεσης ονομαστικής τάσης 150kV
* 1,10 p.u. για σημεία σύνδεσης ονομαστικής τάσης 400kV

Η ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας σε υψηλή τάση ισχύει για τις ακόλουθες συνθήκες πριν την εκδήλωση του σφάλματος:

* η τάση στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ είναι εντός του ±10% της ονομαστικής τιμής
* η τάση στους ακροδέκτες όλων των μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρισμού ESU είναι εντός του ±10% της ονομαστικής τους τάσης
* όλες οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρισμού ESU λειτουργούν εντός της καμπύλης δυνατοτήτων τους (P,Q).

# Συνθήκες Σύνδεσης και Αποκατάσταση Συστήματος

## Συγχρονισμός

Ο συγχρονισμός μιας μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με το ΕΣΜΗΕ γίνεται μόνο μετά από εξουσιοδότηση του ΑΔΜΗΕ. Η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι εξοπλισμένη με τις απαραίτητες συσκευές συγχρονισμού.

Οι ρυθμίσεις των διατάξεων συγχρονισμού συμφωνούνται μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη της μονάδας. Η συμφωνία καλύπτει κατά ελάχιστο τους ακόλουθους όρους στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ:

* τάση
* συχνότητα
* εύρος γωνίας και ακολουθία φάσεων
* μέγιστη απόκλιση τάσης και συχνότητας.

Ως ελάχιστη απαίτηση, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας πρέπει να είναι σε θέση να συγχρονίζεται εντός του εύρους συχνοτήτων που ορίζονται για απεριόριστο χρονικό διάστημα λειτουργίας στον Table 4 ενώ το επίπεδο τάσης στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ θα πρέπει να βρίσκεται εντός του εύρους τιμών που ορίζονται για απεριόριστο χρονικό διάστημα λειτουργίας στον Table 5 (150kV) ή στον Table 6 (400kV).

## Αυτόματη αποσύνδεση εξαιτίας απώλειας ευστάθειας γωνίας ή απώλειας ελέγχου

Σε περίπτωση απώλειας ευστάθειας γωνίας ή απώλειας ελέγχου, η μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα πρέπει να είναι σε θέση να αποσυνδέεται αυτόματα από το δίκτυο ώστε να συμβάλει στη διατήρηση της ασφάλειας του συστήματος ή να αποτρέψει βλάβη της μονάδας.

Ο ιδιοκτήτης της μονάδας και ο ΑΔΜΗΕ συμφωνούν ανά περίπτωση τα κριτήρια για την ανίχνευση της απώλειας γωνιακής ευστάθειας ή της απώλειας ελέγχου.

## Αυτόματη επανασύνδεση έπειτα από απρόβλεπτη αποσύνδεση

Εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά από τον ΑΔΜΗΕ, οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ πρέπει να είναι σε θέση να επανασυνδέονται αυτόματα στο δίκτυο μετά από τυχαία αποσύνδεση που προκαλείται από διαταραχή του δικτύου, υπό τις ακόλουθες προϋποθέσεις:

* ο διακόπτης ΥΤ στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ είναι ενεργοποιημένος, δηλαδή η σύνδεση της μονάδας με το ΕΣΜΗΕ δεν έχει διακοπεί ή η διακοπή έχει αποκατασταθεί από τον ΑΔΜΗΕ
* η συχνότητα του συστήματος είναι εντός του εύρους 49,5 Hz ≤ f ≤ 50,5 Hz;
* το επίπεδο τάσης "U" στην πλευρά μέσης τάσης του (κύριου) μετασχηματιστή του υποσταθμού είναι εντός του εύρους 0,9 p.u. ≤ U ≤ 1,1 p.u.;
* η αυτόματη σύνδεση εφαρμόζεται μετά από χρόνο παρατήρησης 180sec
* η μέγιστη κλίση της ενεργού ισχύος εξόδου της μονάδας μετά την επανασύνδεση είναι ≤10% Pmax/min

Οι απαιτήσεις αυτές παρουσιάζονται γραφικά στο Figure 19.

Diagram, schematic

Description automatically generated

**Figure 19: Αρχή αυτόματης επανασύνδεσης μετά από απρόβλεπτη αποσύνδεση**

Επισημαίνεται ότι αυτόματη επανασύνδεση στην υψηλή τάση δεν επιτρέπεται, εκτός εάν ορίζεται διαφορετικά από τον ΑΔΜΗΕ.

Το σχήμα υλοποίησης της αυτόματης επανασύνδεσης είναι ευθύνη του ιδιοκτήτη της μονάδας και σχετίζεται αποκλειστικά με το διασυνδετικό δίκτυο ΜΤ/ΧΤ της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Το σχήμα επανασύνδεσης και οι ρυθμίσεις του θα πρέπει να εγκρίνονται από τον ΑΔΜΗΕ. Περαιτέρω λεπτομέρειες της διαδικασίας επανασύνδεσης συμφωνούνται μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη της μονάδας.

## Ικανότητα επανεκκίνησης μετά από ολική σβέση (Black Start)

*Δεν εφαρμόζεται στις μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας*

## Ικανότητα συμμετοχής σε απομονωμένη λειτουργία (νησιδοποίηση)

*Δεν εφαρμόζεται στις μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας*

## Ικανότητα ταχέος επανασυγχρονισμού

*Δεν εφαρμόζεται στις μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας*

# Μοντέλα Προσομοίωσης

Για τις ανάγκες στατικών και δυναμικών προσομοιώσεων, ο ιδιοκτήτης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας οφείλει να παραδώσει στον ΑΔΜΗΕ ένα RMS μοντέλο για τη συνδεόμενη εγκατάσταση. Το μοντέλο της μονάδας, θα πρέπει να βασίζεται σε ένα μοντέλο της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρισμού (ESU) το οποίο έχει επικυρωθεί με βάση αποτελέσματα εργαστηριακών δοκιμών, όπως αναλύεται περαιτέρω στη συνέχεια.

Το μοντέλο της ESU πρέπει να είναι συμβατό με το λογισμικό που χρησιμοποιεί ο ΑΔΜΗΕ[[10]](#footnote-11) και να μην εξαρτάται από πρόσθετο λογισμικό ή compiler software.

Κατά την κρίση του ΑΔΜΗΕ μπορεί να ζητηθεί επιπλέον η παροχή και ενός EMT επικυρωμένου μοντέλου.

## Μοντέλο προσομοίωσης μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρισμού (ESU)

Το μοντέλο προσομοίωσης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρισμού (ESU) θα πρέπει να αναπαριστά την απόδοση και τη δυναμική απόκριση σε όλο το εύρος λειτουργίας της μονάδας, η οποία συνδέεται στο ηλεκτρικό δίκτυο μέσω ηλεκτρονικών ισχύος.

Το μοντέλο θα πρέπει να περιλαμβάνει οποιαδήποτε λογική “non-wind-up”, περιορισμούς σημάτων και μη γραμμικότητες, μπλοκαρίσματος και ξεμπλοκαρίσματος (blocking, deblocking) λειτουργίας, τα κύρια χαρακτηριστικά ενεργοποίησης των προστασιών που αποτελούν μέρος του ESU καθώς και όλους τους βρόχους ελέγχου που είναι είτε εγγενείς του ESU είτε επιτυγχάνονται από συμπληρωματικά συστήματα ελέγχου για την παροχή συνεχούς ή βηματικού ελέγχου, σύμφωνα με το πρότυπο IEC 61400-27.

Το μοντέλο θα πρέπει να έχει βαθμό λεπτομέρειας που είναι κατάλληλος για τη μελέτη ροών φορτίου, την ανάλυση β/κ, την προσομοίωση συμμετρικών RMS αποκρίσεων θετικής ακολουθίας στο πεδίο του χρόνου και την εκτέλεση των προσομοιώσεων που ορίζονται στον Τίτλο IV (Συμμόρφωση) του NC-RfG.

Το μοντέλο της ESU θα πρέπει να παρέχεται από τον ιδιοκτήτη παραμετροποιημένο σύμφωνα με τις ρυθμίσεις που έχουν εφαρμοστεί στη συγκεκριμένη εγκατάσταση (site-specific as build parameters).

Ιδανικά, το μοντέλο θα πρέπει να είναι συμβατό με το λογισμικό PSS/e, χρησιμοποιώντας κατάλληλα παραμετροποιημένα μοντέλα των βιβλιοθηκών “2nd generation WECC Generic library models”.

Μοντέλα συμβατά με το λογισμικό Digsilent Power Factory γίνονται επίσης δεκτά, αλλά θα πρέπει να συνοδεύονται από ένα μοντέλο που είναι συμβατό με το PSS/e.

Μη τυποποιημένα μοντέλα-χρήστη (user defined) σε PSS/e γίνονται δεκτά υπό την προϋπόθεση ότι κάθε ξεχωριστό τμήμα του ESU και όλων των ελεγκτών λειτουργίας του ESU παρουσιάζονται με σαφήνεια. Ενδεικτικά, θα πρέπει να είναι αναγνωρίσιμα τα ακόλουθα υπομοντέλα και οι παράμετροι των ακόλουθων στοιχείων και συστημάτων ελέγχου του ESU:

* γεννήτρια/μετατροπέας, παρέχοντας τουλάχιστον τη δυναμική απόκριση της ενεργού και άεργου ισχύος και της τάσης (πλάτος και γωνία) στους ακροδέκτες του ESU,
* τους ελεγκτές και τους ρυθμιστές που δρουν στις ηλεκτρικές μεταβλητές του ESU ως συνάρτηση της τάσης των ακροδεκτών ή/και της συχνότητας του συστήματος (τάση / άεργος ισχύς / άεργο ρεύμα, ενεργός ισχύς / ενεργό ρεύμα / συχνότητα), πριν, κατά τη διάρκεια και στο τέλος μιας διαταραχής.

Ένα μη-τυποποιημένα μοντέλο-χρήστη (user defined) του PSS/e θα πρέπει να υποβάλλεται με τη μορφή μπλοκ διαγραμμάτων των συναρτήσεων μεταφοράς κάθε στοιχείου του μοντέλου, να συνοδεύεται από δυναμικές και αλγεβρικές εξισώσεις (εάν είναι απαραίτητο) καθώς και με μια σύντομη περιγραφή κάθε στοιχείου του μοντέλου. Το μοντέλο θα πρέπει επίσης να συνοδεύεται από κατάλληλες ρυθμίσεις αρχικοποίησης και επίλυσης και να αναφέρει πιθανούς αριθμητικούς περιορισμούς που επιβάλλονται από τον αλγόριθμο επίλυσης του λογισμικού.

Τα μη-τυποποιημένα μοντέλα-χρήστη σε PSS/e, υποβάλλονται σε μορφή (\*.lib) χωρίς να απαιτείται η χρήση άλλου λογισμικού (compiler software). Το μοντέλο- χρήστη θα πρέπει να συνοδεύεται από διαγράμματα μπλοκ συναρτήσεων μεταφοράς, φύλλα δεδομένων εισόδου/εξόδου και φύλλα αποτύπωσης των αλγεβρικών μεταβλητών, των σταθερών και των μεταβλητών κατάστασης.

Η χρήση μοντέλων "μαύρου κουτιού" (black-box) δεν είναι αποδεκτή, το μοντέλο θα πρέπει να δείχνει τουλάχιστον όλα τα βασικά στοιχεία σχεδιασμού, τις εισόδους και τις εξόδους του, τις σταθερές και τις μεταβλητές κατάστασης.

Σε περίπτωση υποβολής μοντέλων-χρήστη σε PSS/e ή μοντέλων που έχουν αναπτυχθεί στο DigSilent Power Factory, θα πρέπει επίσης να δοθούν τυπικές παράμετροι για τα τυπικά μοντέλα βιβλιοθήκης του PSS/E (μοντέλα WECC 2ης γενιάς για μονάδες παραγωγής ενέργειας μέσω ηλεκτρονικών ισχύος).

Η επικύρωση του μοντέλου προσομοίωσης αποτελεί ευθύνη του ιδιοκτήτη της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας και μπορεί να γίνει από τρίτο μέρος (κατασκευαστή, σύμβουλο ή φορέα πιστοποίησης εξουσιοδοτημένο σύμφωνα με τον Κανονισμό (EΚ) 765/2008 και το πρότυπο διαπίστευσης ISO/IEC 17065).

Το μοντέλο προσομοίωσης πρέπει να επικυρώνεται σύμφωνα με τις διατάξεις της Τεχνικής Οδηγίας FGW-TG4[[11]](#footnote-12). Θα πρέπει να υποβληθεί αναφορά σχετικά με την επικύρωση των μοντέλων προσομοίωσης, η οποία θα περιλαμβάνει (κατά ελάχιστο) κατάλληλες δοκιμές β/κ.

## Μοντέλο προσομοίωσης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ESM)

Για τη διενέργεια μελετών στατικής ανάλυσης και δυναμικής προσομοίωσης, ο ιδιοκτήτης της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ή ένα τρίτο μέρος για λογαριασμό του ιδιοκτήτη) θα πρέπει να επεκτείνει το μοντέλο της μονάδας ηλεκτρικής αποθήκευσης (ESU) στο επίπεδο της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ESM), ενσωματώνοντας το διασυνδετικό δίκτυο μέχρι το σημείο σύνδεσης με τον ΕΣΜΗΕ. Το μοντέλο της μονάδας ESM θα πρέπει να παραμετροποιείται κατάλληλα, με τις παραμέτρους που αφορούν τη συγκεκριμένη εγκατάσταση (site-specific as build parameters).

Η αναπαράσταση του διασυνδετικό δικτύου θα πρέπει να περιλαμβάνει τα ESUs, τον (κύριο) μετασχηματιστή ισχύος του υποσταθμού, το δίκτυο μέσης τάσης, τους μετασχηματιστές ανύψωσης των ESUs, τα βοηθητικά φορτία της μονάδας, την αντιστάθμιση άεργου ισχύος ή τα FACTS (εάν υπάρχουν), τις μονάδες ελέγχου σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (power plant controllers – PPCs) και τυχόν άλλους ελεγκτές ή ενεργά στοιχεία.

Οι ρυθμίσεις προστασίας τάσης και συχνότητας που εφαρμόζονται τόσο στο διασυνδετικό δίκτυο του ESM όσο και στα ESUs θα πρέπει επίσης να αποτελούν μέρος του μοντέλου, χρησιμοποιώντας τυποποιημένα μοντέλων προστασιών των βιβλιοθηκών του PSS/e.

Το μοντέλο της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ESM), θα πρέπει να εξετάζει την απόδοση κάθε μεμονωμένης μονάδας ηλεκτρικής αποθήκευσης (ESU). Γενικά, η χρήση συγκεντρωτικών (aggregates) μονάδων ηλεκτρικής αποθήκευσης παραγωγής και ισοδύναμων (equivalents) των διασυνδετικών δικτύων δεν γίνονται δεκτά χωρίς έγκριση του ΑΔΜΗΕ.

## Μοντέλο της μονάδας ελέγχου του σταθμού (Power Plant Controller)

Το μοντέλο της μονάδας ελέγχου (Power Plant Controller – PPC) θα πρέπει να είναι ένας αναλογικός ολοκληρωτικός ελεγκτής (PI) ή αναλογικός ολοκληρωτικός διαφορικός ελεγκτής (PID) για τη ρύθμιση της εξόδου σε λειτουργία κλειστού βρόχου σύμφωνα με επιθυμητά σημεία ρύθμισης (set point). Το μοντέλο θα πρέπει να είναι ικανό να ενσωματώνεται σε λεπτομερείς ή συγκεντρωτικές (aggregated) αναπαραστάσεις του ESM (δηλ. να υποστηρίζει περισσότερα από ένα ESU) και να υλοποιεί κατ' ελάχιστον τις ακόλουθες λειτουργίες ελέγχου:

* έλεγχος ενεργού ισχύος
* έλεγχος ρυθμού ανόδου/καθόδου ενεργού ισχύος (έλεγχος ράμπας)
* απόκριση ενεργού ισχύος σε μεταβολές της συχνότητας συστήματος (LFSM-O/U, FSM)
* έλεγχος του συντελεστή ισχύος/άεργου ισχύος/voltage droop

Το μοντέλο της μονάδας ελέγχου θα πρέπει να διαθέτει κατάλληλο αριθμό εξόδων για την ανάλυση των τιμών set-point στους σχετικούς ελεγκτές κάθε ESU και να αναπαριστά πιθανές καθυστερήσεις σήματος.

Το μοντέλο της μονάδας ελέγχου θα πρέπει να συνοδεύεται από μπλοκ διαγράμματα συναρτήσεων μεταφοράς, φύλλα δεδομένων εισόδων/εξόδων και φύλλα αποτύπωσης των αλγεβρικών μεταβλητών, των σταθερών και των μεταβλητών κατάστασης.

Το μοντέλο προσομοίωσης πρέπει να επικυρώνεται σύμφωνα με την Τεχνική Οδηγία FGW-TG4. Θα πρέπει να υποβληθεί αναφορά σχετικά με την επικύρωση των μοντέλων προσομοίωσης.

# Ανταλλαγή πληροφοριών

## Δεδομένα πραγματικού χρόνου[[12]](#footnote-13)

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ θα πρέπει να είναι σε θέση να ανταλλάσσουν πληροφορίες σε πραγματικό χρόνο με το Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΕΚΕΕ) του ΑΔΜΗΕ. Οι πληροφορίες αυτές διακρίνονται σε:

* Σήματα θέσης/συναγερμοί: ψηφιακά σήματα που υποδεικνύουν τη θέση (on/off) των κύριων ελεγκτών, των διακοπτών λειτουργίας και των διακοπτών προστασίας της μονάδας και της εγκατάστασης
* Μετρήσεις: αναλογικά σήματα για την καταγραφή των κύριων λειτουργικών δεδομένων της μονάδας

Επιπρόσθετα, η μονάδα θα πρέπει να είναι σε θέση να δέχεται και να εφαρμόζει εντολές κατανομής, δηλ. αναλογικά σήματα που ορίζουν σημεία ρύθμισης λειτουργίας (set points).

Περισσότερες λεπτομέρειες σχετικά με την υποδομή επικοινωνίας των εγκαταστάσεων, καθώς και σχετικά με το περιεχόμενο και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των ανταλλασσόμενων σημάτων και πληροφοριών συμφωνούνται μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

### Αναλογικά σήματα

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα παρέχουν στο ΕΚΕΕ τουλάχιστον τα ακόλουθα αναλογικά σήματα:

*Μετρήσεις στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ (πύλη ΥΤ του* *(κύριου) Μ/Σ ισχύος)*

* εγχεόμενη ή απορροφούμενη ενεργός ισχύς (±MW)
* εγχεόμενη ή απορροφούμενη άεργος ισχύς, ±Mvar
* εγχεόμενο ή απορροφούμενο ρεύμα, (Ampere)
* συχνότητα (Hz)
* τάση (kV)

*Μετρήσεις στη πύλη ΜΤ του (κύριου) Μ/Σ ισχύος του υποσταθμού*

* εγχεόμενη ή απορροφούμενη ενεργός ισχύς (±MW)
* εγχεόμενη ή απορροφούμενη άεργος ισχύς, ±Mvar
* εγχεόμενο ή απορροφούμενο ρεύμα, (Ampere)

*Μετρήσεις στους ζυγούς μέσης τάσης του (κύριου) Μ/Σ ισχύος του υποσταθμού*

* τάση (kV)
* ρεύμα (A) του διακόπτη ζεύξης (coupler) (σε περίπτωση υποσταθμών με πολλαπλούς ζυγούς μέσης τάσης)
* άεργος ισχύς του πυκνωτή/πηνίου ή οποιουδήποτε άλλου μέσου αντιστάθμισης (±Mvar)

*Μετρήσεις στις αναχωρήσεις δικτύου μέσης τάσης (feeder IPPMs)*

* εγχεόμενη ή απορροφούμενη ενεργός ισχύς (±MW)
* εγχεόμενη ή απορροφούμενη άεργος ισχύς (±Mvar)
* εγχεόμενο ή απορροφούμενο ρεύμα (Ampere)

Η μονάδα ελέγχου του σταθμού (Power Plant Controller, PPC) ή/και η κεντρική μονάδα ελέγχου της εγκατάστασης στο σημείο σύνδεσης (Central Power Plant Controller) θα λαμβάνει από το ΕΚΕΕ τουλάχιστον τα ακόλουθα σήματα τηλεχειρισμού (εντολές κατανομής):

* σημείο αυτόματης ρύθμισης ενεργού ισχύος (aFRR)
* χειροκίνητο σημείο ρύθμισης ενεργού ισχύος επόμενης ημέρας (mFRR)
* σημεία ρύθμισης για λειτουργία υπό έλεγχο τάσης (Vref), έλεγχο άεργου ισχύος (Qref) ή έλεγχο συντελεστή ισχύος (cosφref)
* σημεία ρύθμισης για τον τηλεχειρισμό οποιουδήποτε μέσου αντιστάθμισης (π.χ. πυκνωτές)
* σημεία ρύθμισης για την παροχή ταχείας απόκρισης συχνότητας (Fast Frequency Response) (εάν εφαρμόζεται)

Η μονάδα ελέγχου του σταθμού (Power Plant Controller, PPC) ή/και η κεντρική μονάδα ελέγχου της εγκατάστασης στο σημείο σύνδεσης (Central Power Plant Controller) θα παρέχει στο ΕΚΕΕ τουλάχιστον τα ακόλουθα σήματα όσον αφορά την παραγωγή (έγχυση) ή την κατανάλωση (απορρρόφηση):

* Μέγιστη/ελάχιστη (καθαρή) ικανότητα παραγωγής ενεργού ισχύος (MW)
* Μέγιστη/ελάχιστη (καθαρή) ικανότητα κατανάλωσης ενεργού ισχύος (MW)
* Ικανότητα παραγωγής άεργου ισχύος (±Mvar)
* Μέγιστη/ελάχιστη κατάσταση φόρτισης (SOC) (% της ονομαστικής χωρητικότητας)
* Ικανότητα ρυθμού μεταβολής της παραγωγής (ράμπα) (MW/min)
* Ικανότητα ρυθμού μεταβολής της κατανάλωσης (ράμπα) (MW/min)
* Μετρήσεις που σχετίζονται με τις μετεωρολογικές συνθήκες (ενδεικτικά: θερμοκρασία και ηλιακή ακτινοβολία)
* Μετρήσεις που σχετίζονται με το ενεργειακό περιεχόμενο της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (SOC), (% της ονομαστικής χωρητικότητας)
* Μετρήσεις που σχετίζονται με την κατανάλωση των βοηθητικών συστημάτων της μονάδας
* Τιμές της εντολής κατανομής που ελήφθη

Ένα απλουστευμένο μονογραμμικό διάγραμμα των αναλογικών σημάτων της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δίνεται στα Παραρτήματα.

### Ψηφιακά σήματα

Οι μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας θα παρέχουν στο ΕΚΕΕ τουλάχιστον τα ακόλουθα ψηφιακά σήματα:

*Σήματα θέσης/συναγερμοί στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ (πύλη ΥΤ του (κύριου) Μ/Σ ισχύος)*

* Θέση του διακόπτη στην πλευρά ΥΤ του μετασχηματιστή (on/off)
* Θέση του αποζεύκτη στην πλευρά ΥΤ του μετασχηματιστή (on/off)
* Θέση του συστήματος γείωσης στην πλευρά ΥΤ του μετασχηματιστή (on/off)
* Διάφοροι συναγερμοί (on/off) που σχετίζονται με την ενεργοποίηση της προστασίας του μετασχηματιστή (ενδεικτικά: διαφορική προστασία, προστασία υπερέντασης, ρελέ Buchholz)

*Σήματα θέσης που σχετίζονται με την ενεργοποίηση λειτουργιών και τη δυνατότητα λήψης εντολών αγοράς:*

* διαθεσιμότητα μονάδας (on/off)
* απομακρυσμένος έλεγχος ενεργού ισχύος για FRR (on/off)
* απομακρυσμένος έλεγχος άεργου ισχύος (on/off)
* ενεργοποίηση PoD[[13]](#footnote-14) (on/off)
* ενεργοποίηση λειτουργίας LFSM-O (on/off)
* ενεργοποίηση λειτουργίας FSM (on/off)
* ενεργοποίηση λειτουργίας LFSM-U (on/off)
* ενεργοποίηση της λειτουργίας ελέγχου τάσης (Vref), άεργου ισχύος (Qref) ή συντελεστή ισχύος (cosφref)

*Σήματα θέσης/συναγερμοί στις αναχωρήσεις δικτύου μέσης τάσης (feeders IPPMs)*

* θέση του διακόπτη της γραμμής μέσης τάσης, (on/off)
* θέση του αποζεύκτη της γραμμής μέσης τάσης, (on/off)
* θέση του συστήματος γείωσης της γραμμής μέσης τάσης, (on/off)
* θέση του διακόπτη κυκλώματος οποιουδήποτε μέσου αντιστάθμισης

Ένα απλουστευμένο μονογραμμικό διάγραμμα των ψηφιακών σημάτων της μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας δίνεται στα Παραρτήματα.

# Μονάδα ελέγχου σταθμού (Power Plant Controller)

Για την εφαρμογή των εξ αποστάσεως εκδιδόμενων σημείων ρύθμισης (set points) από τη μονάδα αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που αφορούν ηλεκτρικές ποσότητες στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ, η εγκατάσταση θα πρέπει να είναι εξοπλισμένη με μια κεντρική μονάδα ελέγχου (Master Power Plant Controller, Master PPC).

Η συσκευή αυτή καταγράφει τη διαφορά μεταξύ των επιθυμητών και των πραγματικών τιμών του ελεγχόμενου ηλεκτρικού μεγέθους στο σημείο σύνδεσης (π.χ. τάση, ροή ενεργού ή άεργου ισχύος), αντλεί πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο ρύθμισης μιας μεταβλητής χειρισμού ώστε να ελαχιστοποιηθεί η διαφορά αυτή και τις διαβιβάζει στις ελεγχόμενες μονάδες ηλεκτρικής αποθήκευσης ή στα υπόλοιπα στοιχεία της μονάδας.

Στην περίπτωση που περισσότερες από μια μονάδες παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας μοιράζονται τον ίδιο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ, αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την εφαρμογή ενός συστήματος ελέγχου όπου η κεντρική (κύρια) μονάδα ελέγχου διαβιβάζει τις πληροφορίες αυτές σε επιμέρους εκλεκτές σταθμού (PPCs) καθένας από τους οποίους εποπτεύει τη λειτουργία μιας μονάδας παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας ή μιας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας.

Ο ελεγκτής σταθμού (“slave" PPC) διαβιβάζει ένα κατάλληλο σήμα στις μονάδες παραγωγής ή ηλεκτρικής αποθήκευσης και επιβλέπει τη λειτουργία της μονάδας παραγωγής ή της μονάδας αποθήκευσης στην πλευρά μέσης τάσης του μετασχηματιστή (TM ή IPPM),

Figure ***20***.



***Figure 20: αρχή λειτουργίας κεντρικού ελεγκτή (master) και (τοπικού) ελεγκτή σταθμού (slave)***

Η μονάδα ελέγχου θα πρέπει να είναι ένας PI ή PID ελεγκτής κλειστού βρόγχου, ικανός να υλοποιεί τουλάχιστον τις ακόλουθες λειτουργίες ελέγχου:

* έλεγχος ενεργού ισχύος
* έλεγχος συχνότητας (LFSM-O/U, FSM)
* έλεγχος ρυθμού μεταβολής ενεργού ισχύος (έλεγχος ράμπας)
* έλεγχος του συντελεστή ισχύος/άεργου ισχύος/ voltage droop

Οι μονάδες ελέγχου θα πρέπει να διαθέτουν τον κατάλληλο αριθμό εξόδων για τον επιμερισμό των τιμών του επιθυμητού σημείου ρύθμισης (set point) στους αντίστοιχους ελεγκτές κάθε επιμέρους μονάδας, με όσο είναι τεχνικά δυνατό μικρότερες καθυστερήσεις σήματος.

Οι μονάδες ελέγχου θα πρέπει να μπορούν να λειτουργούν τόσο σε κλειστό όσο και σε ανοικτό βρόχο.

Για τη λειτουργία της κεντρικής μονάδας ελέγχου ο ιδιοκτήτης της εγκατάστασης θα πρέπει να εξασφαλίζει την παροχή μετρήσεων ηλεκτρικών μεγεθών στο σημείο σύνδεσης (400/150kV, πλευρά υψηλής τάσης του (κύριου) μετασχηματιστή).

Για τη λειτουργία των μονάδων ελέγχου κάθε μονάδας παραγωγής ή μονάδας αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που μοιράζονται το ίδιο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ, ο ιδιοκτήτης κάθε μονάδας θα πρέπει να εξασφαλίζει την παροχή μετρήσεων ηλεκτρικών μεγεθών στα σημεία σύνδεσης των αντίστοιχων εσωτερικών διασυνδετικών δικτύων στην πλευρά μέσης τάσης του (κύριου) μετασχηματιστή (TM ή IPPM).

Περαιτέρω λεπτομέρειες θα συμφωνούνται μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη της εγκατάστασης ανά περίπτωση.

# Γενικές αρχές σχεδιασμού προστασίας

Τα συστήματα και οι ρυθμίσεις προστασίας μιας εγκατάστασης, θα πρέπει να σχεδιάζονται και να προσδιορίζονται σύμφωνα με τις ακόλουθες αρχές:

* Ο ΑΔΜΗΕ καθορίζει τα συστήματα και τις ρυθμίσεις που απαιτούνται για την προστασία του συστήματος μεταφοράς στο σημείο σύνδεσης, λαμβάνοντας υπόψη τα χαρακτηριστικά κάθε συνδεδεμένου σταθμού. Τα σφάλματα του συστήματος ή οι διαταραχές του συστήματος δεν πρέπει να επηρεάζουν το διασυνδετικό δίκτυο μέσης ή χαμηλής τάσης κατάντη του σημείου σύνδεσης και υπό την ευθύνη του ιδιοκτήτη του σταθμού.
* Τα σχήματα και οι ρυθμίσεις προστασίας στο σημείο σύνδεσης και τα σχήματα και οι ρυθμίσεις προστασίας κατάντη του σημείου σύνδεσης θα πρέπει να συντονίζονται και να συμφωνούνται μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη του σταθμού. Οποιαδήποτε αλλαγή θα πρέπει να κοινοποιηθεί και να συμφωνηθεί μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη, πριν εφαρμοστεί.
* Οι σταθμοί θα πρέπει να παραμένουν συνδεδεμένοι με το ΕΣΜΗΕ κατά τη διάρκεια μονοφασικών ή τριφασικών ταχέων επανασυνδέσεων (auto-reclosures), οι οποίες χαρακτηρίζονται από την ξαφνική επαν-ενεργοποίηση της παροχής δικτύου μετά από νεκρό χρόνο περίπου 600 msec για συνδέσεις στα 400kV και 500 msec για συνδέσεις στα 150kV[[14]](#footnote-15). Οι λεπτομέρειες αυτής της δυνατότητας σε ότι αφορά τα συστήματα και τις ρυθμίσεις προστασίας, υπόκεινται σε συνεννόηση και συμφωνούνται μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη του σταθμού στη σύμβαση σύνδεσης.
* Οι ρυθμίσεις προστασίας στο σημείο σύνδεσης υπερισχύουν πάντα. Αν ένας σταθμός θα παραμείνει ή όχι συνδεδεμένος με το ΕΣΜΗΕ εξαρτάται από τις εν λόγω ρυθμίσεις. Σε περίπτωση σφάλματος στο εσωτερικό της εγκατάστασης (εσωτερικό σφάλμα), η ηλεκτρική προστασία του σταθμού υπερισχύει οποιουδήποτε λειτουργικού ελέγχου, δίνοντας προτεραιότητα στην ασφάλεια του προσωπικού, την ασφάλεια του συστήματος καθώς και τον περιορισμό τυχόν καταστροφών στις εγκαταστάσεις. Ωστόσο, τα συστήματα προστασίας και οι ρυθμίσεις για τα εσωτερικά ηλεκτρικά σφάλματα (εσωτερική προστασία της εγκατάστασης) δεν πρέπει να θέτουν σε κίνδυνο την απόδοση της μονάδας στο σημείο σύνδεσης σύμφωνα με τις απαιτήσεις που ορίζονται στην παρούσα Τεχνική Οδηγία, και ιδίως αυτές που σχετίζονται με τα εύρη λειτουργίας (Κεφ. 3) και την ικανότητα LVRT (παρ. 8.1).
* Οι απαιτήσεις για ικανότητας αντοχής σε RoCoF, τα εύρη λειτουργίας συχνότητας και τάσης, καθώς και οι δυνατότητες Low Voltage Ride Through της παρούσας τεχνικής οδηγίας δεν πρέπει να επικαλύπτονται, να παρακάμπτονται ή να αναιρούνται από λιγότερο αυστηρές απαιτήσεις προστασίας σε οποιοδήποτε σημείο του εσωτερικού δικτύου της εγκατάστασης.
* Οι προστασίες της εγκατάστασης θα πρέπει να ρυθμίζονται από τον ιδιοκτήτη της εγκατάστασης έτσι ώστε να μην επικαλύπτουν τις ευρύτερες δυνατές τεχνικές των μονάδων γεννητριών ή των μονάδων ηλεκτρικής αποθήκευσης (ESUs), εκτός εάν ο ΑΔΜΗΕ απαιτεί αυστηρότερες ρυθμίσεις.

## Ευθύνες του ΑΔΜΗΕ

Ο ΑΔΜΗΕ προσδιορίζει τις απαιτήσεις που κρίνονται απαραίτητες για την προστασία των σταθμών, λαμβάνοντας υπόψη τα ισχύοντα συστήματα προστασίας στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ καθώς και τις τεχνικές δυνατότητες κάθε σταθμού.

Ο ΑΔΜΗΕ καθορίζει τις διεπαφές και παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες και σήματα για το συντονισμό και τη λειτουργία του εξοπλισμού προστασίας της εγκατάστασης, σύμφωνα με τις σχετικές προβλέψεις της σύμβασης σύνδεσης.

Οι ρυθμίσεις της προστασίας από απόσταση ή της προστασίας από υπερένταση στο διακόπτη ισχύος στο σημείο σύνδεσης με το ΕΣΜΗΕ παρέχονται από τον ΑΔΜΗΕ. Ο συντονισμός των συσκευών προστασίας που δρουν στο διακόπτη ισχύος του σημείου σύνδεσης έναντι σφαλμάτων που εκδηλώνονται εντός της περιοχής ευθύνης του ΑΔΜΗΕ, υλοποιείται από τον ΑΔΜΗΕ.

## Ευθύνες του Ιδιοκτήτη του σταθμού

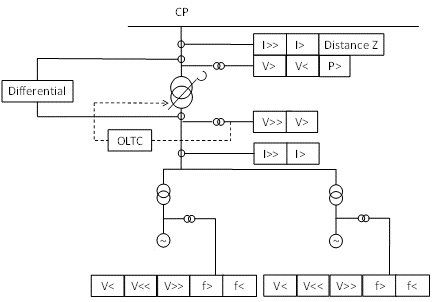
Ο ιδιοκτήτης του σταθμού οργανώνει τις διατάξεις προστασίας και ελέγχου σύμφωνα με την ακόλουθη σειρά προτεραιότητας (από την υψηλότερη προς τη χαμηλότερη):

* προστασία του εσωτερικού (διασυνδετικού) δικτύου
* έλεγχος συχνότητας (ρύθμιση ενεργού ισχύος)
* περιορισμός ισχύος
* περιορισμός ρυθμού μεταβολής ισχύος

Ο ιδιοκτήτης του σταθμού είναι υπεύθυνος να διασφαλίζει ότι τα σφάλματα στις γεννήτριες και στο εσωτερικό διασυνδετικό δίκτυο προκαλούν την ελάχιστη δυνατή διαταραχή στο σύστημα. Τα σφάλματα στις γεννήτριες, στο εσωτερικό διασυνδετικό δίκτυο ή σε οποιεσδήποτε συσκευές συνδέονται στο σύστημα πρέπει να εκκαθαρίζονται το συντομότερο δυνατό, λαμβάνοντας υπόψη ότι η μέγιστη περίοδος για την εκκαθάριση των σφαλμάτων στον σημείο σύνδεσης είναι 120ms για συνδέσεις στο σύστημα 150kV και 80ms για τις συνδέσεις στο σύστημα 400kV[[15]](#footnote-16) .

Ο ιδιοκτήτης της εγκατάστασης θα πρέπει να παρέχει διαφορική προστασία στον κύριο μετασχηματιστή του υποσταθμού. Οι λεπτομέρειες σχετικά με τις γενικές αρχές σχεδιασμού, το λεπτομερή σχεδιασμό και τις παραμέτρους αυτής της προστασίας πρέπει να συμφωνηθούν με τον ΑΔΜΗΕ.

Ο ιδιοκτήτης της εγκατάστασης εγκαθιστά και συντηρεί τον εξοπλισμό προστασίας σύμφωνα με την ορθή πρακτική. Ένα απλοποιημένο ενδεικτικό διάγραμμα συστήματος προστασίας παρουσιάζεται στο Figure 21.



***Figure 21: απλοποιημένο ενδεικτικό διάγραμμα συστήματος προστασίας σταθμού***

Οι ελάχιστες απαιτήσεις προστασίας για έναν σταθμό μπορεί να διαφέρουν ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος του σταθμού, τη μέθοδο γείωσης και τη συνδεσμολογία σύνδεσης και δύναται να περιλαμβάνουν, ενδεικτικά και χωρίς περιορισμό, προστασία έναντι:

* βραχυκύκλωμα εσωτερικού δικτύου,
* προστασία από υπερένταση στο εσωτερικό δίκτυο
* ασύμμετρο φορτίο (αρνητική ακολουθία φάσεων)
* υπερφόρτωση του ESU
* υπέρ/υπόταση στους ακροδέκτες των γεννητριών,
* υπερ/υποσυχνότητα στους ακροδέκτες των γεννητριών,
* ταλαντώσεις ισχύος, ρεύματα αιχμής (inrush current),
* ασύγχρονη λειτουργία (ολίσθηση πόλων),
* προστασία κύριου μετασχηματιστή,
* εφεδρεία έναντι της δυσλειτουργίας της προστασίας και των διακοπτών,
* ρυθμός μεταβολής της συχνότητας, και
* μετατόπιση της τάσης ουδετέρου

# Έλεγχος συμμόρφωσης

## Ευθύνες των εμπλεκόμενων μερών

### Ευθύνες, υποχρεώσεις και δικαιώματα του ΑΔΜΗΕ

Σύμφωνα με τις διατάξεις του Τίτλου IV (Συμμόρφωση) του NC-RfG, ο ΑΔΜΗΕ είναι υπεύθυνος για την αξιολόγηση της συμμόρφωσης της μονάδας με τις τεχνικές απαιτήσεις της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της μονάδας και για την ενημέρωση του ιδιοκτήτη της μονάδας σχετικά με το αποτέλεσμα αυτής της αξιολόγησης.

Για να επιτευχθεί αυτό, ο ΑΔΜΗΕ έχει το δικαίωμα να ζητήσει από τον ιδιοκτήτη της μονάδας να πραγματοποιήσει δοκιμές και προσομοιώσεις συμμόρφωσης σύμφωνα με ένα επαναλαμβανόμενο σχέδιο ή ένα γενικό πρόγραμμα ή ύστερα από οποιαδήποτε βλάβη, τροποποίηση ή αντικατάσταση οποιουδήποτε εξοπλισμού που μπορεί να έχει αντίκτυπο στη συμμόρφωση της μονάδας ηλεκτροπαραγωγής με τις απαιτήσεις της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

Κατά την κρίση του ΑΔΜΗΕ, μπορούν να καθοριστούν πρόσθετες απαιτήσεις επιπλέον αυτών που ορίζονται στη παρούσα Τεχνική Οδηγία καθώς και πρόσθετες δοκιμές ή προσομοιώσεις. Πιθανές αντιθέσεις μεταξύ των απαιτήσεων της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας και των πρόσθετων απαιτήσεων θα επιλύονται από κοινού με τον ιδιοκτήτη της μονάδας.

Ο ΑΔΜΗΕ και ο ιδιοκτήτης της μονάδας μπορούν να συμφωνήσουν σε ένα εναλλακτικό σύνολο δοκιμών ή προσομοιώσεων, υπό την προϋπόθεση ότι οι εν λόγω δοκιμές και προσομοιώσεις είναι αποτελεσματικές και επαρκούν για να αποδείξουν ότι η μονάδα συμμορφώνεται με τις απαιτήσεις της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

Στο πλαίσιο της διαδικασίας συμμόρφωσης, ο ΑΔΜΗΕ δημοσιοποιεί κατάλογο των πληροφοριών και των εγγράφων που πρέπει που πρέπει να υποβάλει ο ιδιοκτήτης της μονάδας, τους όρους και τις διαδικασίες για την αποδοχή των πιστοποιητικών εξοπλισμού (equipment certificates, EqC) που εκδίδονται από εξουσιοδοτημένο φορέα πιστοποίησης[[16]](#footnote-17), καθώς και τις απαιτήσεις που πρέπει να πληροί ο ιδιοκτήτης της μονάδας.

Ο ΑΔΜΗΕ ενημερώνει χωρίς καθυστέρηση τον ιδιοκτήτη της μονάδας σε κάθε περίπτωση που διαπιστώνει ότι η μονάδα παρεκκλίνει από τις απαιτήσεις της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας.

Εάν οι δοκιμές ή οι προσομοιώσεις συμμόρφωσης δεν μπορούν να διεξαχθούν όπως συμφωνήθηκε μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη της μονάδας για λόγους που οφείλονται από τον ΑΔΜΗΕ, τότε ο ΑΔΜΗΕ δεν θα καθυστερεί αδικαιολόγητα τη κοινοποίηση λειτουργίας που προβλέπονται στον Τίτλο ΙΙΙ του NC-RfG (Διδικασία Κοινοποίησης λειτουργίας για σύνδεση).

Ο ΑΔΜΗΕ μπορεί να αναθέσει την παρακολούθηση της συμμόρφωσης ή ένα μέρος αυτής σε τρίτους. Σε τέτοιες περιπτώσεις, οι διατάξεις περί εμπιστευτικότητας του Άρθρου 12 του NC-RfG εφαρμόζονται σε όλα τα εμπλεκόμενα μέρη.

### Ευθύνες, υποχρεώσεις και δικαιώματα του ιδιοκτήτη της μονάδας

Ο ιδιοκτήτης της μονάδας είναι υπεύθυνος για την τήρηση των απαιτήσεων της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας καθ' όλη τη διάρκεια ζωής της μονάδας.

Ο ιδιοκτήτης της μονάδας ενημερώνει τον ΑΔΜΗΕ για κάθε προγραμματισμένη τροποποίηση των τεχνικών δυνατοτήτων της μονάδας, συμπεριλαμβανομένης της τροποποίησης των ρυθμίσεων προστασίας και ελέγχου, η οποία μπορεί να επηρεάσει τη συμμόρφωσή της με τις απαιτήσεις της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας πριν από την έναρξη της εν λόγω τροποποίησης.

Οποιαδήποτε λειτουργικά συμβάντα ή αστοχίες που επηρεάζουν τη συμμόρφωση της μονάδας πρέπει να κοινοποιούνται στον ΑΔΜΗΕ χωρίς καθυστέρηση. Η αξιολόγηση οποιασδήποτε τροποποίησης, περιστατικού ή αστοχίας σε σχέση με τις απαιτήσεις της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας, αποτελεί ευθύνη του ΑΔΜΗΕ.

Οι δοκιμές, τα χρονοδιαγράμματα δοκιμών, οι προσομοιώσεις και τυχόν διαδικασίες που θα ακολουθηθούν για την επαλήθευση της συμμόρφωσης της μονάδας θα πρέπει να κοινοποιούνται εγκαίρως και να συμφωνούνται μεταξύ του ιδιοκτήτη της μονάδας (ή τρίτου μέρους για λογαριασμό του ιδιοκτήτη της μονάδας) και του ΑΔΜΗΕ. Ο ιδιοκτήτης της μονάδας είναι υπεύθυνος για την υποβολή στον ΑΔΜΗΕ όλων των σχετικών εκθέσεων. Όλες οι σχετικές δαπάνες βαρύνουν τον ιδιοκτήτης της μονάδας.

Ο ΑΔΜΗΕ έχει το δικαίωμα να συμμετέχει στις δοκιμές, είτε επί τόπου είτε εξ αποστάσεως από το Εθνικό Κέντρο Ελέγχου Ενέργειας (ΕΚΕΕ), και να καταγράφει την απόδοση των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής είτε απευθείας είτε μέσω τρίτου μέρους. Ο ιδιοκτήτης της μονάδας ενημερώνεται για το αποτέλεσμα των εν λόγω δοκιμών συμμόρφωσης.

Ο ΑΔΜΗΕ έχει το δικαίωμα να πραγματοποιήσει τις δικές του προσομοιώσεις συμμόρφωσης με βάση τις παρεχόμενες αναφορές προσομοίωσης, τα μοντέλα προσομοίωσης και τις μετρήσεις δοκιμών συμμόρφωσης. Ο ιδιοκτήτης της μονάδας ενημερώνεται για το αποτέλεσμα των εν λόγω προσομοιώσεων συμμόρφωσης.

### Ειδικές μελέτες

Κατά περίπτωση ο ΑΔΜΗΕ μπορεί να απαιτήσει ειδικές μελέτες σχετικές τα ακόλουθα (ενδεικτικά και όχι εξαντλητικά) θέματα: υπο-σύγχρονη αλληλεπίδραση, γεωμαγνητικά επαγόμενα ρεύματα, ρεύματα αιχμής (inrush currents), απόσβεση ταλαντώσεων ισχύος, αρμονικές, ποιότητα ισχύος και χαμηλή στάθμη βραχυκύκλωσης.

Οι ειδικές μελέτες αποτελούν ευθύνη του ιδιοκτήτη της μονάδας και θα εκτελούνται σε συνεργασία με τον ΑΔΜΗΕ. Σε περίπτωση που τα αποτελέσματα των μελετών υποδεικνύουν ότι η σύνδεση της μονάδας απαιτεί ειδικά μέτρα για την ασφάλεια του συστήματος, τα μέτρα αυτά θα αντιμετωπίζονται ως πρόσθετα των απαιτήσεων της παρούσας Τεχνικής Οδηγίας και ο ιδιοκτήτης της μονάδας θα είναι υπεύθυνος για την εφαρμογή τους.

### Εμπιστευτικότητα

Η εφαρμογή του Μηχανισμού Ελέγχου Συμμόρφωσης και της Διαδικασίας Παρακολούθησης της Συμμόρφωσης καθ’ όλη τη διάρκεια ζωής της μονάδας απαιτεί την ανταλλαγή μεγάλου όγκου πληροφοριών μεταξύ του ΑΔΜΗΕ και του ιδιοκτήτη της μονάδας. Σύμφωνα με το Άρθρο 12 του NC-RfG, κάθε πληροφορία που ανταλλάσσεται υπόκειται σε υποχρέωση εμπιστευτικότητας από τα εμπλεκόμενα πρόσωπα. Δεν απαιτούνται ειδικές συμβάσεις εμπιστευτικότητας (non-disclosure agreements - NDAs).

### Παρεκκλίσεις

Οι παρεκκλίσεις από την τήρηση των Τεχνικών Απαιτήσεων της παρούσας Κατευθυντήριας Οδηγίας εκδίδονται σύμφωνα με τις διατάξεις του Τίτλου V του NC-RfG, όπως αναλύεται περαιτέρω στην Απόφαση ΡΑΕ 778/2018 (ΦΕΚ Β' 4643/18-10-2018).

# Παραρτήματα

## Ορισμός των παραμέτρων δυναμικής απόκρισης

The time response parameters of a controlled or simulated variable or a measured quantity under a step change, are defined as follows and shown graphically in Figure 22.

Diagram, line chart

Description automatically generated

**Figure 22: Dynamic response characteristics**

*Dead time or reaction time (Tid)*: the elapsed time from the issue of a step change command until the observed value starts to response.

*Step response time (Tresp):* the elapsed time from the issue of a step change command until the observed value first time enters the predefined tolerance band of the target value.

*Settling time (Ts)*: the elapsed time from the issue of a step change command until the observed value continuously stays within the predefined tolerance band of the target value.

*Overshoot*: the difference between the maximum value of the response and the steady state final value.

## Αναλογικά και ψηφιακά σήματα για μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας (ESM)





# Αναφορές

Commission Regulation (EU) 2016/631 of 14 April 2016 “establishing a network code on requirements for grid connection of generators”, <https://www.entsoe.eu/network_codes/rfg/>

Commission Regulation (EU) 2016/1388 of 17 August 2016 “establishing a Network Code on Demand Connection", <https://www.entsoe.eu/network_codes/dcc/>

RAE Decision, 1165/2020 (in Greek) [Απόφαση ΡΑΕ 1165/2020 (ΦΕΚ Β’ 3757 της 07.09.2020)](https://www.admie.gr/sites/default/files/users/dssas/%CE%A6%CE%95%CE%9A%20%CE%92%E2%80%99%203757%20%CE%91%CE%A0%CE%9F%CE%A6%CE%91%CE%A3%CE%97%20%CE%A1%CE%91%CE%95%201165-2020%20-%20RfG.pdf)

RAE Decision, 1166/2020 (in Greek) [Απόφαση ΡΑΕ 1166/2020 (ΦΕΚ Β’ 3698 της 03.09.2020](https://www.admie.gr/sites/default/files/users/dssas/%CE%A6%CE%95%CE%9A%20B'%203698%2003.09.2020%20-%20DCC.pdf))

ENTSOe Expert Group STORAGE, Phase 1, Identification of storage devices, [Final Report (+ supporting material) - phase 1](https://www.entsoe.eu/documents/nc/GC%20ESC/STORAGE/Final_Report_STORAGE__supporting_material_phase_1.zip)

ENTSOe Expert Group STORAGE, Phase 2 revision of relevant Articles of the Connection Network Codes according to the results and observations of the technical assessment from phase 1, [Final Report (+ supporting material) - phase 2](https://www.entsoe.eu/documents/nc/GC%20ESC/STORAGE/Final_Report_STORAGE__%2Bsupporting_material__-_phase_2.zip)

Commission Regulation (EU) 1485/2017 of 2 August 2017 “establishing a guideline on electricity transmission system operation”, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02017R1485-20210315>

Commission Regulation (EU) 2017/2196 of 24 November 2017 establishing a network code on electricity emergency and restoration, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A02017R2196-20171128>

ENTSO-E Amendment proposals for NC-RfG, submitted to ACER’s PC\_2022\_E\_08, 26 November 2022

VDE-AR-N 4120:2018-11, Technical Requirements for the connection and operation of customer installations to the high voltage network

VDE-AR-N 4130:2018-11, Technical Requirements for the connection and operation of customer installations to the extra-high voltage network

IEC 62933-1:2018 Electrical Energy Storage (EES) systems - Part 1: Vocabulary

IEC TS 62933-2-1, Electrical energy storage (EES) systems - Part 2-1: Unit parameters and testing methods - General specification

IEC TS 62933-2-2, Electrical energy storage (EES) systems – Part 2-2: Unit parameters and testing methods – Application and performance Testing

RAE Decision 864/2022, “Data exchange between Transmission System Operators (TSOs), Distribution System Operators (DSOs) and Significant Grid Users (SGUs), in accordance with Article 40(5) of Regulation (EU) 2017/1485”, available (in Greek): <https://www.rae.gr/wp-content/uploads/2023/01/6%CE%A34%CE%A7%CE%99%CE%94%CE%9E-%CE%99%CE%9C7.pdf>

FGW-TG4 Rev. 9 2019,” Demands on Modelling and Validating Simulation Models of the Electrical characteristics of Power Generating Units and Systems, Storage Systems as well as for their Components.”

1. Προς αποφυγή σύγχυσης, σημειώνεται ότι η παρούσα Τεχνική Οδηγία ακολουθεί την ορολογία του ENTSOe όπου οι «μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας με συσσωρευτές» (BESS) θεωρούνται υποσύνολο των «μονάδων αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας» (ESM). [↑](#footnote-ref-2)
2. Οι τεχνικές απαιτήσεις που ορίζονται στον Κανονισμό (ΕΕ) 631/2016 (NC-RfG) και στον Κανονισμό (ΕΕ) 1388/2016 (NC-DCC) δεν ισχύουν για διατάξεις αποθήκευσης σύμφωνα με το Άρθρο 3.2(δ) του NC-RfG και το Άρθρο 3.2(β) του NC-DCC. [↑](#footnote-ref-3)
3. Regulation (EC) No 765/2008 of the European Parliament and of the Council of 9 July 2008 setting out the requirements for accreditation and market surveillance relating to the marketing of products and repealing Regulation (EEC) No 339/93 [↑](#footnote-ref-4)
4. NC-RfG, Article 6 (2): “Pump-storage power-generating modules shall fulfil all the relevant requirements in both generating and pumping operation mode. Synchronous compensation operation of pump-storage power-generating modules shall not be limited in time by the technical design of power-generating modules. Pump-storage variable speed power-generating modules shall fulfil the requirements applicable to synchronous power-generating modules as well as those set out in point (b) of Article 20(2), if they qualify as type B, C or D.” [↑](#footnote-ref-5)
5. Αυτή είναι μια ενδεικτική λίστα προδιαγραφών της εγκατάστασης παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Υποσταθμός). Ορισμένες από αυτές ενδέχεται να ισχύουν μόνο για υποσταθμούς που έχουν ανεγερθεί πρόσφατα. Ο λεπτομερής σχεδιασμός του Υ/Σ θα συμφωνηθεί με τον ΑΔΜΗΕ ανά περίπτωση. Λεπτομερής περιγραφή μπορεί να αναζητηθεί στο “ΑΔΜΗΕ – Προδιαγραφές υποσταθμών Υ.Τ. Υ.Υ.Τ.”, <https://www.admie.gr/systima/syndesi-hriston/genika>, [ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΤΟΜΟΙ ΓΙΑ ΤΑ ΕΡΓΑ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΧΡΗΣΤΩΝ ΜΕ ΤΟ ΕΣΜΗΕ](https://www.admie.gr/sites/default/files/users/dnem/genika/%CE%A0%CE%91%CE%A1%CE%91%CE%A1%CE%A4%CE%97%CE%9C%CE%91%20%CE%99%CE%99%CE%99.rar) [↑](#footnote-ref-6)
6. Continues adjustment in discharging mode: decrease of active power generation for increasing frequency and increase of active power generation for decreasing frequency.

   Continues adjustment in charging mode: increase of active power consumption for increasing frequency and decrease of active power consumption for decreasing frequency. [↑](#footnote-ref-7)
7. Το σύστημα ελέγχου ενεργού ισχύος χαρακτηρίζεται από μια εγγενή έλλειψη ευαισθησίας στις αποκλίσεις συχνότητας ("frequency response insensitivity") καθώς και από μια εσκεμμένη νεκρή ζώνη ("frequency response dead-band") για την αποφυγή της συνεχούς ενσεργσοποίησης του ελεγκτή σε πολύ μικρές διακυμάνσεις συχνότητας συστήματος. Για λόγους απλούστευσης, σε αυτήν την Τεχνική Οδηγία το συνδυαστικό αποτέλεσμα αυτών των δύο χαρακτηριστικών αναφέρεται ως "νεκρή ζώνη". Για μονάδες αποθήκευσης ηλεκτρικής ενέργειας που συνδέονται στο ΕΣΜΗΕ, η νεκρή ζώνη θα περιορίζεται στα ±10mHz (±0,02% α.μ. στη βάση των 50Hz). [↑](#footnote-ref-8)
8. Θεωρείται ότι η μέγιστη ισχύς παραγωγής (λειτουργία εκφόρτισης) είναι ίση με τη μέγιστη ισχύ κατανάλωσης (λειτουργία φόρτισης). Εάν αυτή η υπόθεση δεν ισχύει, οι απαιτήσεις ικανότητας αέργου ισχύος τροποποιούνται αναλόγως. [↑](#footnote-ref-9)
9. Σε αυτή την Τεχνική Οδηγία, η πλήρης άεργος ισχύς θεωρείται ως το μέγιστο της απόλυτης τιμής των -Qmin και +Qmax, Πίνακας 11. [↑](#footnote-ref-10)
10. Επί του παρόντος, ο ΑΔΜΗΕ χρησιμοποιεί PSS®E και PSCAD για RMS και EMT μελέτες, αντίστοιχα. [↑](#footnote-ref-11)
11. FGW-TG4 Rev. 9 2019,” Demands on Modelling and Validating Simulation Models of the Electrical characteristics of Power Generating Units and Systems, Storage Systems as well as for their Components.” [↑](#footnote-ref-12)
12. Σύμφωνα με την Απόφαση ΡΑΕ 864/2022 σχετικά με την ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ ΔΣΜ, ΔΣΔ και σημαντικών χρηστών του δικτύου. [↑](#footnote-ref-13)
13. Εάν εφαρμόζεται [↑](#footnote-ref-14)
14. Στο ΕΣΜΗΕ συνήθως εγκαθίστανται τρεις μονοφασικοί διακόπτες ισχύος στις πύλες των 400kV και ένας τριφασικός διακόπτης ισχύος στις πύλες των 150kV. [↑](#footnote-ref-15)
15. Αυτοί οι χρόνοι εκκαθάρισης ισχύουν μόνο για την πρωτεύουσα ζώνη προστασίας. [↑](#footnote-ref-16)
16. Title IV (Compliance) of the NC-RfG foresees the possibility of using of EqC instead of performing on site testing or providing simulation studies. [↑](#footnote-ref-17)