

Προκλήσεις στην ανάπτυξη και λειτουργία των Συστημάτων Μεταφοράς Ηλεκτρικής Ενέργειας

Η συμβολή του Κανονισμού (ΕΕ) 2016-631 (RfG)

Νίκος Μπαλαδάκης

n.baladakis@admie.gr



31^η Σύνοδος Ελληνικής Επιτροπής CIGRE
“ΑΘΗΝΑ 2022”

Divani Acropolis Palace
24 & 25 Νοεμβρίου 2022

Προκλήσεις στην ανάπτυξη και λειτουργία των ΣΜΗΕ

- Η σταδιακή απόσυρση των συμβατικών σταθμών παραγωγής και η υψηλή διείσδυση μεταβαλλόμενων ΑΠΕ στο ενεργειακό μείγμα (εκτιμάται 80÷90% για πολλές ώρες του έτους) φέρνει τους Διαχειριστές απέναντι σε μεγάλες προκλήσεις.
- Η ανάπτυξη και λειτουργία των ΣΜΗΕ απαιτεί νέες προσεγγίσεις και τεχνικές ώστε να:
 - **διατηρηθεί η λειτουργική ασφάλεια και η αξιοπιστία του συστήματος**
 - **διασφαλιστεί η ενεργειακή επάρκεια**
 - **επιτευχθούν οι στόχοι της ενεργειακής μετάβασης**

Προκλήσεις στην ανάπτυξη και λειτουργία των ΣΜΗΕ

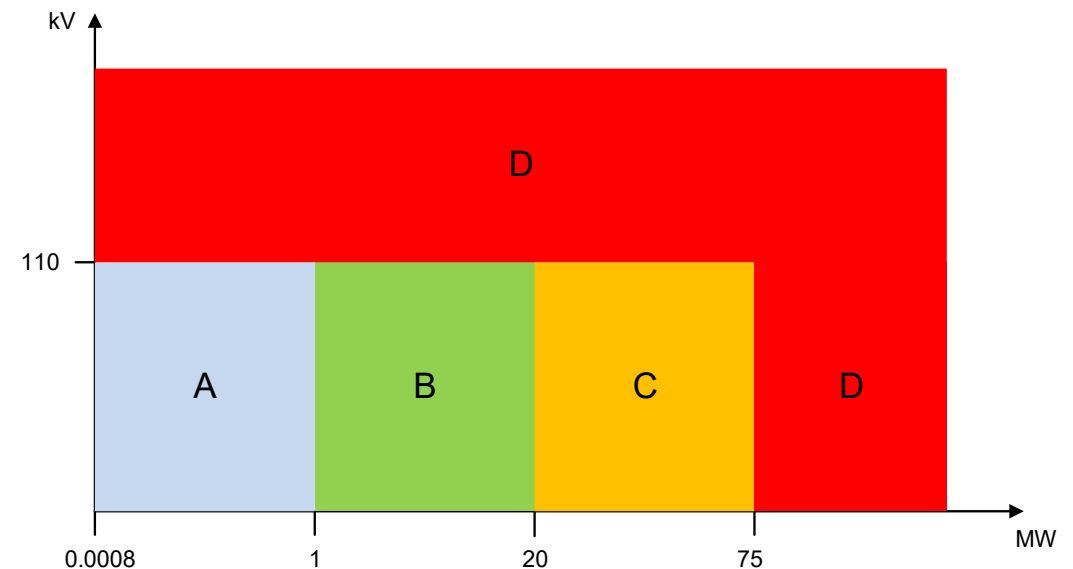
- Ευστάθεια Συχνότητας – Αδράνεια
 - **Καθώς όλο και περισσότεροι αιολικοί και φ/β σταθμοί συνδέονται μέσω μετατροπών, αναμένονται συνθήκες μειωμένης αδράνειας συστήματος**
- Ρύθμιση Τάσης - Ευστάθεια Τάσης
 - **Αναμένονται υψηλά ενδεχόμενα στιγμιότυπων με πολύ χαμηλό φορτίο συστήματος. Αποτέλεσμα, αφόρτιστες γραμμές μεταφοράς να οδηγούν σε μη αποδεκτά επίπεδα τάσεων συστήματος**
 - **Αναμένεται μείωση της στάθμης βραχυκύκλωσης και κατ' επέκταση:**
 - ζητήματα ευστάθειας (π.χ. λειτουργία μετατροπών σε σημεία με χαμηλό SCR)
 - μεγαλύτερες μεταβολές τάσης σε διαταραχές του συστήματος
 - ζητήματα επαρκούς λειτουργίας των συστημάτων προστασίας (μη επαρκές ρεύμα βραχ/σης)
 - ζητήματα ποιότητας ισχύος

Προκλήσεις στην ανάπτυξη και λειτουργία των ΣΜΗΕ

- Έλεγχος ενεργού ισχύος
 - Απαραίτητη η διαχείριση της περίσσειας διαθέσιμης ενέργειας ΑΠΕ, καθώς και των τοπικών συμφορήσεων που θα προκύπτουν σε κανονικές και έκτακτες συνθήκες λειτουργίας.
- Ανθεκτικότητα
 - Διεσπαρμένη παραγωγή από ΑΠΕ, πολλοί μικρότεροι σταθμοί παραγωγής χωρίς στρεφόμενη μάζα, πιο ευάλωτοι σε διαταραχές.
 - Μία διαταραχή μπορεί να οδηγήσει σε αποσύνδεση πολλών σταθμών με δυσμενή αποτελέσματα για την ευστάθεια του συστήματος
- Αποκατάσταση Συστήματος
 - Σε περίπτωση νησιδοποίησης μέρους του συστήματος περιορίζονται οι δυνατότητες διατήρησης του ισοζυγίου ενέργειας και αποφυγής απόρριψης φορτίου
 - Σε περίπτωση ολικής διακοπής περιορίζεται η ικανότητα επανεκκίνησης του συστήματος

Κανονισμός (ΕΕ) 2016-631 (RfG)

- Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2016/631 (RfG) για τις τεχνικές απαιτήσεις σύνδεσης γεννητριών θεσπίζει το ρυθμιστικό πλαίσιο της ΕΕ για την εναρμόνιση των απαιτήσεων σύνδεσης των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα του ENTSOe.
- Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2016/631 (RfG) για τις τεχνικές απαιτήσεις σύνδεσης γεννητριών στις χώρες μέλη της ΕΕ τέθηκε σε πλήρη ισχύ τον Απρίλιο του 2019.
- Οι παραγωγοί εφαρμόζουν τις τεχνικές απαιτήσεις που αντιστοιχούν στην κατηγορία σημαντικότητάς τους (τύποι Α, Β, Γ ή Δ) ανάλογα με την εγκατεστημένη ισχύ τους και την τάση στο σημείο σύνδεσης.

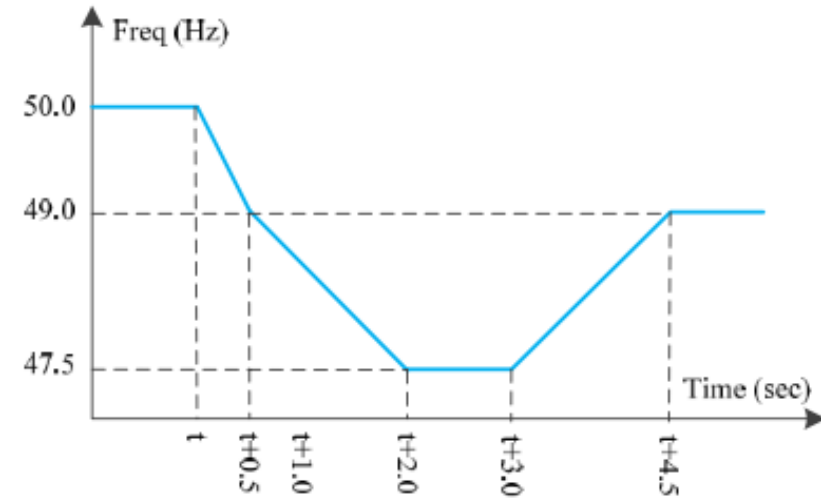
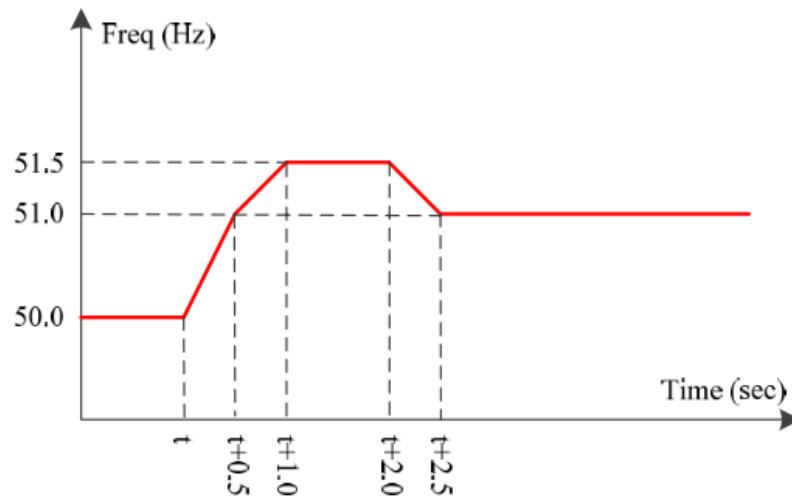


Κανονισμός (ΕΕ) 2016-631 (RfG)

- Οι τεχνικές απαιτήσεις Κανονισμού 631/2016/ΕΕ (RfG) διακρίνονται σε δεσμευτικές (mandatory) ή μη (non-mandatory).
- Οι δεσμευτικές απαιτήσεις εφαρμόζονται υποχρεωτικά σε όλες τις χώρες μέλη της ΕΕ. Η εφαρμογή των μη δεσμευτικών απαιτήσεων αποφασίζεται σε εθνικό επίπεδο.
- Οι εξαντλητικές (exhaustive) παράμετροι των απαιτήσεων ορίζονται επακριβώς στον Κανονισμό και εφαρμόζονται ως έχουν ενώ οι μη εξαντλητικές (non-exhaustive) παράμετροι καθορίζονται από το ΔΣΜ και τους ΔΔΔ κάθε χώρας μέλους
- Στην Ελλάδα, οι μη δεσμευτικές μη εξαντλητικές τεχνικές απαιτήσεις σύνδεσης εγκρίθηκαν από τη ΡΑΕ και ενσωματώθηκαν πλήρως στους Κώδικες Διαχείρισης Συστήματος και Δικτύου το καλοκαίρι του 2020 με την Απόφαση ΡΑΕ 1165/2020.

Ευστάθεια Συχνότητας

- Ικανότητα αντοχής στον ρυθμό μεταβολής της συχνότητας (RoCoF)
 - Οι μονάδες παραγωγής θα πρέπει να παραμένουν συνδεδεμένες για μεταβολές συχνότητας μέχρι 2 Hz/sec (μέχρι 1 Hz/sec για ατμοστρόβιλους) παρατηρούμενη σε κυλιόμενο παράθυρο των 500 ms
 - Απαιτείται προσοχή στις ρυθμίσεις προστασίας έναντι νησιδοποίησης (LoM) των ΦΒ αντιστροφών και ανεμογεννητριών



Identifier [NGN_N.Μπαλαδάκης_2022]

Σύνοδος «ΑΘΗΝΑ 2022», 24 & 25 Νοεμβρίου 2022



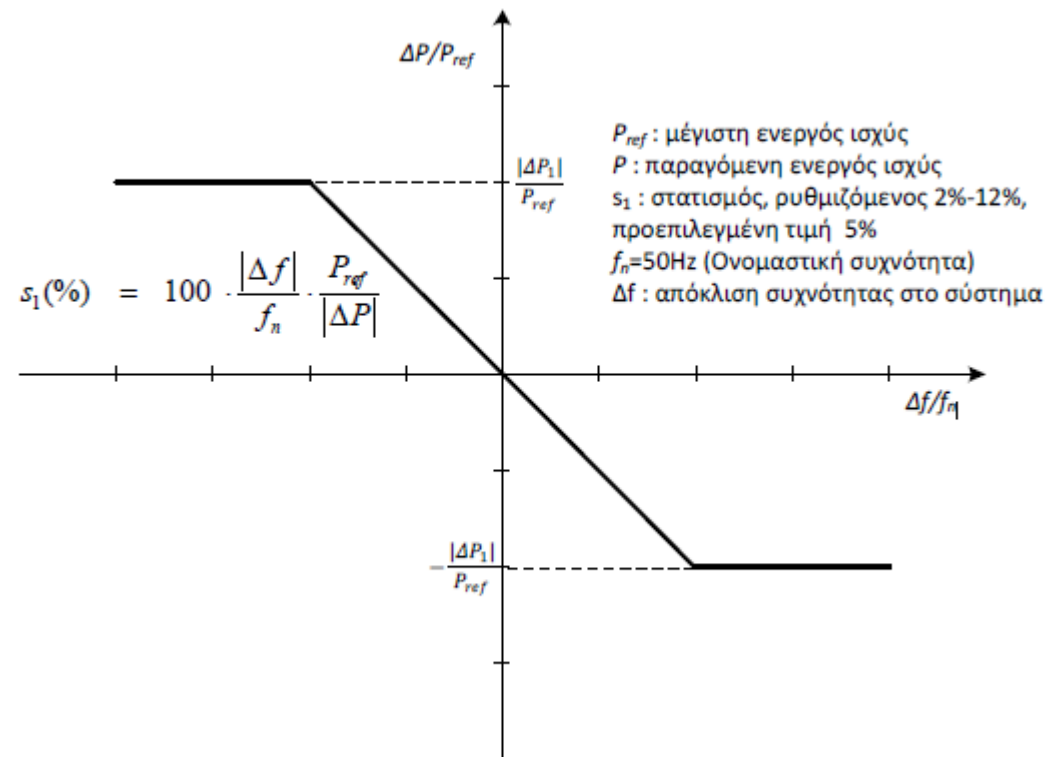
cigre
Next Generation
Network



cigre
Greece

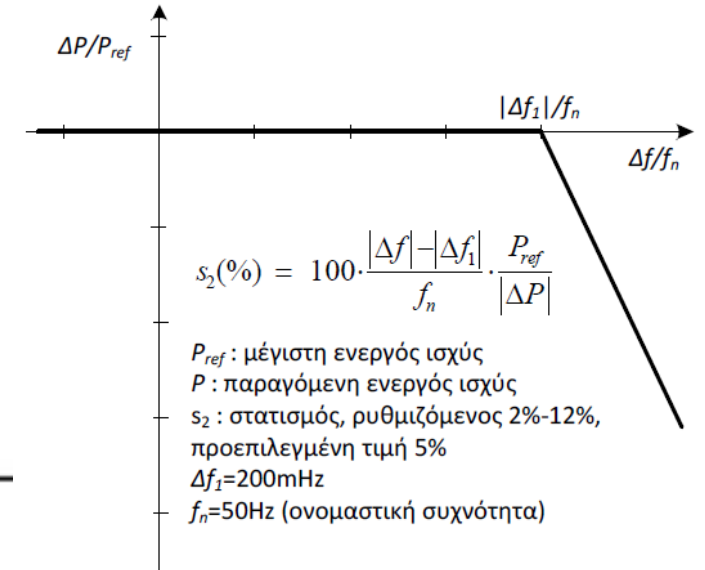
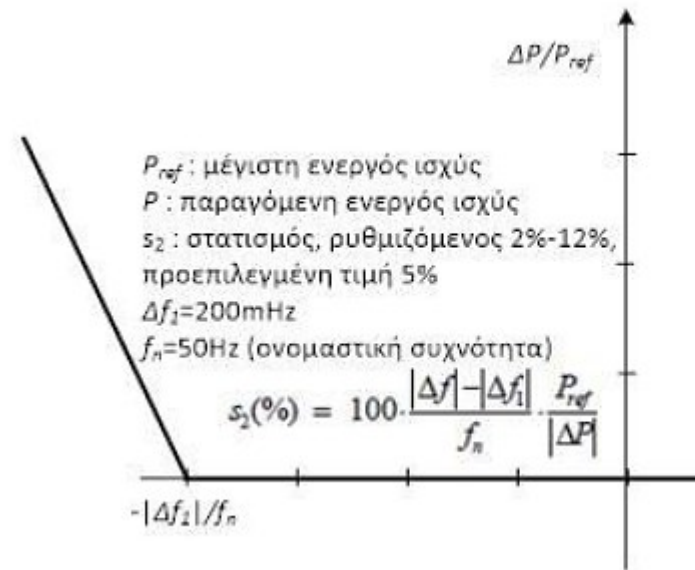
Ευστάθεια Συχνότητας

- Frequency Sensitivity Mode (FSM)
 - Οι σταθμοί παραγωγής τύπου Γ και Δ πρέπει να είναι ικανοί να παρέχουν απόκριση ενεργού ισχύος για μεταβολές συχνότητας
 - Πλήρης ενεργοποίηση της εφεδρείας ενεργού ισχύος FSM για μεταβολή $\pm 200\text{mHz}$ από την ονομαστική συχνότητα f_n εντός 30 s
 - Εφεδρεία 10%Pmax για μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος, 3%Pmax για σύγχρονες μονάδες



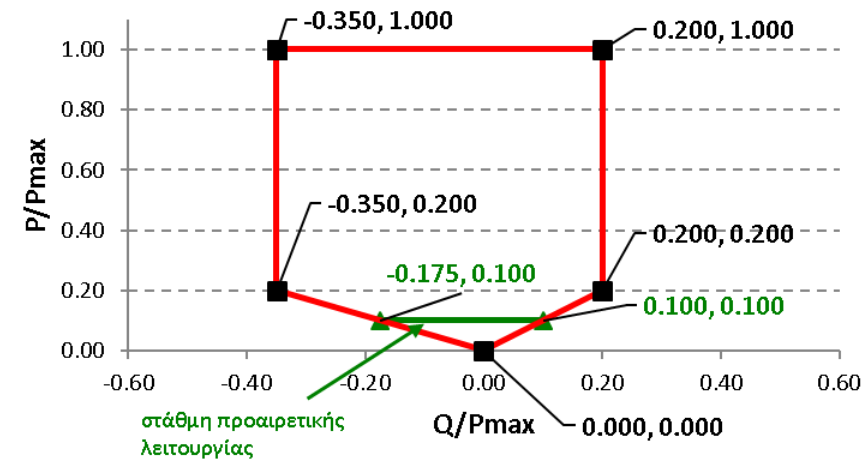
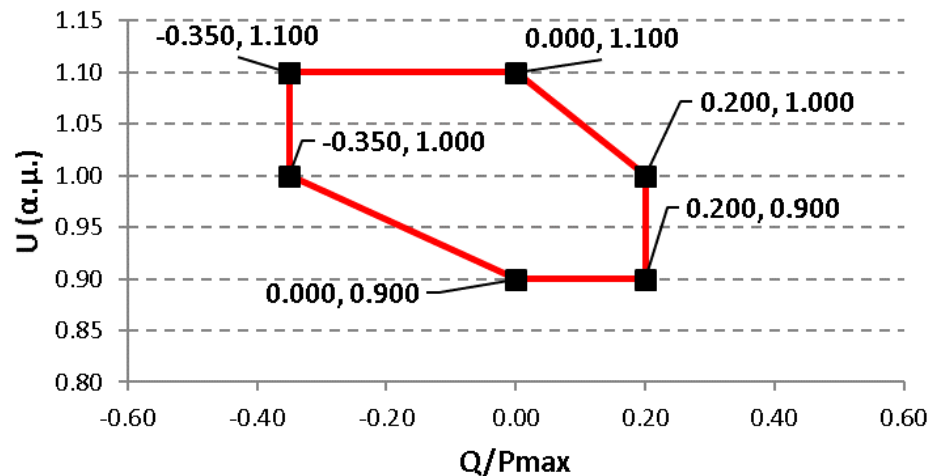
Ευστάθεια Συχνότητας

- Limited Frequency Sensitivity Mode - Overfrequency/Underfrequency (LFSM -O/U)
 - Οι σταθμοί παραγωγής πρέπει να είναι ικανοί να παρέχουν απόκριση ενεργού ισχύος για μεταβολές συχνότητας πέραν των $\pm 200\text{mHz}$ από την f_n μέχρι το τεχνικό τους (ή διαθέσιμο) μέγιστο και ελάχιστο
 - Το συνδυαστικό αποτέλεσμα της ικανότητας RoCoF, FSM και LFSM-O/U των σταθμών ΑΠΕ αυξάνει σημαντικά τους πόρους εφεδρείας διατήρησης και αποκατάστασης συχνότητας, μετριάζοντας τις επιπτώσεις της χαμηλής αδράνειας συστήματος



Ρύθμιση Τάσης - Ευστάθεια Τάσης

- Ικανότητα αέργου ισχύος
 - Οι σταθμοί παραγωγής τύπου Γ και Δ πρέπει να είναι ικανοί να παρέχουν άεργο ισχύ για σημαντικό εύρος τάσεων λειτουργίας τους και για στάθμες παραγωγής μικρότερες της μέγιστης P_{max} .
 - Ενδεικτικά για σταθμούς τύπου Δ με μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος που συνδέονται στα 150kV οι απαιτήσεις ικανότητας αέργου ισχύος είναι:



Ρύθμιση Τάσης - Ευστάθεια Τάσης

- Έλεγχος αέργου ισχύος
 - Η ικανότητα αέργου ισχύος των σταθμών πρέπει να μπορεί να αξιοποιείται στον έλεγχο αέργου ισχύος με αυτόματα σχήματα ελέγχου.
 - Για σταθμούς παραγωγής με μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος μέσω:
 - ελέγχου τάσης (Q(V) control) ή
 - ελέγχου αέργου ισχύος (Q control) ή
 - ελέγχου συντελεστή ισχύος (cosφ control)
 - Με αυτά τα αυτόματα σχήματα ελέγχου οι σταθμοί ΑΠΕ μπορούν να βοηθούν στην ρύθμιση των τάσεων συστήματος εντός των επιτρεπόμενων ορίων

Q(V) droop control

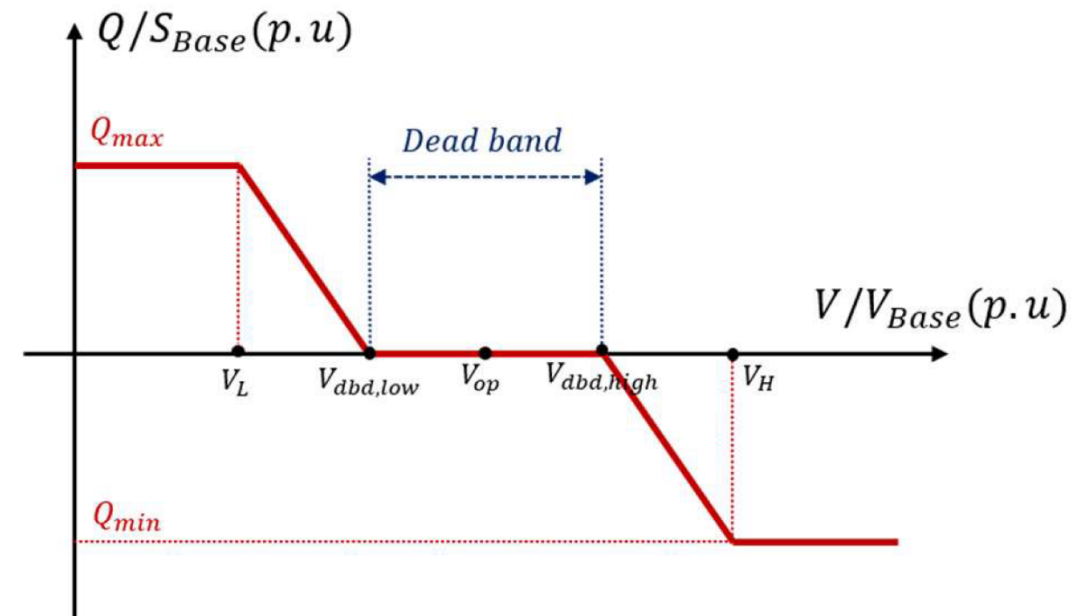
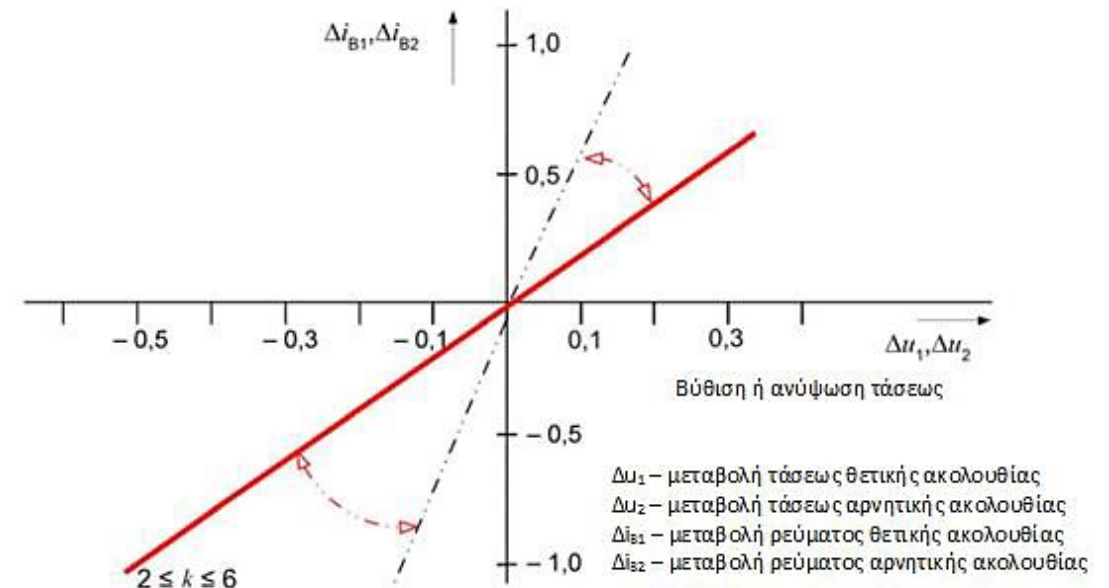


Image: Kim, W.; Song, S.; Jang, G. Droop Control Strategy of Utility-Scale Photovoltaic Systems Using Adaptive Dead Band. *Appl. Sci.* 2020, 10, 8032.

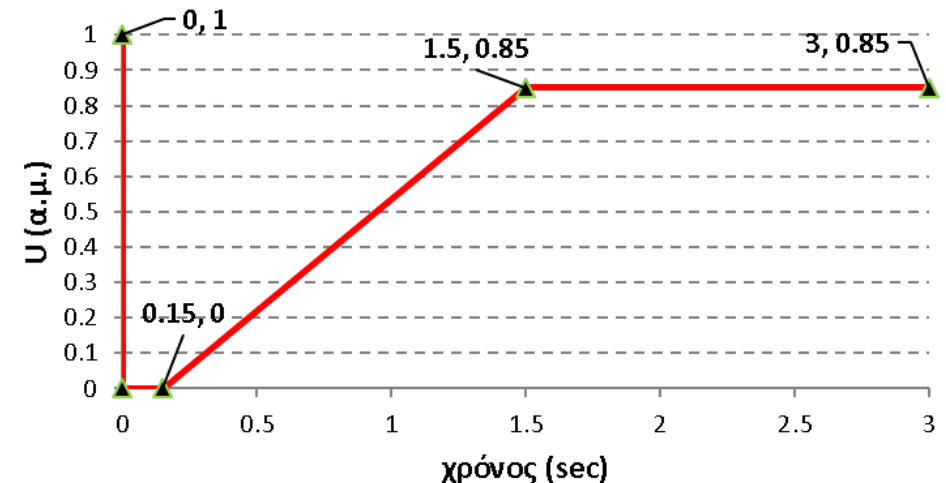
Ρύθμιση Τάσης - Ευστάθεια Τάσης

- Ταχέως εγχεόμενο ρεύμα (FFCI)
 - Οι μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος τύπου B, Γ και Δ θα πρέπει να μπορούν εγχύσουν ή να απορροφήσουν πολύ γρήγορα ένα πρόσθετο άεργο ρεύμα για μια μεταβολή τάσης.
 - Το ρεύμα αυτό ονομάζεται ταχέως εγχεόμενο ρεύμα (Fast Fault Current), είναι ανάλογο της μεταβολής της τάσης και μπορεί να πάρει τιμή μέχρι το μέγιστο ρεύμα κάθε μονάδας γεννήτριας (I_{max}) σε χρόνο $\sim 60-80$ ms.
 - Με αυτή τη λειτουργία οι σταθμοί ΑΠΕ μπορούν να συμβάλουν στην συγκράτηση μεγάλων υποτάσεων λόγω διαταραχών στο σύστημα, βοηθώντας στην αδιάλειπτη λειτουργία των ίδιων των σταθμών και στη γρήγορη ανάκτηση των λειτουργιών τους μετά την αποκατάσταση της διαταραχής



Ανθεκτικότητα

- Ικανότητα αδιάλειπτης λειτουργίας μετά από σφάλμα
 - Οι σταθμοί παραγωγής τύπου Β, Γ και Δ πρέπει να είναι ικανοί να παραμένουν συνδεδεμένοι και να λειτουργούν με ευστάθεια για ένα προφίλ ελάχιστης τάσης στο σημείο σύνδεσής τους
 - Κατά τη διάρκεια μιας διαραχής όλες οι μονάδες θα πρέπει να παραμείνουν συνδεδεμένες. Οι μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος θα παρέχουν ένα πρόσθετο άεργο ρεύμα συγκρατώντας την μεταβολή της τάσης.
 - Με την αποκατάσταση της διαταραχής οι μονάδες θα πρέπει να ανακτήσουν γρήγορα την ενεργό ισχύ τους επαναφέροντας το ισοζύγιο ενεργού ισχύος
 - Ανάκτηση της ενεργού ισχύος στο 90% της ισχύος προ-σφάλματος σε:
 - <5 s για σύγχρονες μονάδες και
 - <2 s για μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος



Προφίλ ελάχιστης πολικής τάσεως στο σημείο σύνδεσης – χρόνου ικανότητας αδιάλειπτης λειτουργίας σε συμμετρικό σφάλμα για σταθμούς με ηλεκτρονικά ισχύος τύπου Δ

Έλεγχος ενεργού ισχύος

- Έλεγχος της παραγόμενης ενέργειας

- Οι μελέτες λειτουργίας του συστήματος με υψηλό βαθμό διείσδυσης ΑΠΕ προκρίνουν σενάρια για τα όποια θα υπάρχει ανάγκη περικοπών/απόρριψης μέρους της παραγόμενης ενέργειας.
- Ο κανονισμός προβλέπει ότι όλες οι μονάδες παραγωγής θα πρέπει να μπορούν να ελέγχουν την παραγόμενη ενέργεια ανάλογα με τον τύπο τους. Συγκεκριμένα για την Ελλάδα:
 - Μονάδες Τύπου Α: διεπαφή για παύση παραγωγής εντός 5 s (μη δεσμευτική απαίτηση)
 - Μονάδες Τύπου Β: διεπαφή για μείωση παραγωγής μετά από εντολή από τον Διαχειριστή
 - Μονάδες Τύπου Γ και Δ: δυναμικός έλεγχος ενεργού ισχύος με setpoint από τον Διαχειριστή (εντός 60 s για μονάδες ηλεκτρονικών ισχύος και εντός 10 s – 15 min για σύγχρονες μονάδες ανάλογα με την τεχνολογία)

Αποκατάσταση Συστήματος

- Ικανότητα συμμετοχής σε απομονωμένη λειτουργία (islanding operation)
 - **Εάν το απαιτήσει ο Διαχειριστής οι μονάδες παραγωγής τύπου Γ και Δ θα πρέπει να μπορούν να συμμετέχουν στη λειτουργία ενός νησιδοποιημένου συστήματος.**
 - **Στον κανονισμό περιγράφονται οι βασικές επιμέρους λειτουργικές απαιτήσεις που θα πρέπει να έχει μια τέτοια μονάδα παραγωγής**
- Ικανότητα επανεκκίνησης από ολική διακοπή (black start capability)
 - **Η ικανότητα black start δεν είναι υποχρεωτική απαίτηση για τους παραγωγούς. Στον κανονισμό όμως περιγράφονται οι βασικές επιμέρους λειτουργικές απαιτήσεις που θα πρέπει να έχει μια τέτοια μονάδα παραγωγής**

Συμπερασματικά

- Ο Κανονισμός (ΕΕ) 2016/631 (RfG) εναρμονίζει τις απαιτήσεις σύνδεσης των μονάδων ηλεκτροπαραγωγής στο ηλεκτρικό σύστημα του ENTSOe.
- Οι θέσπιση των απαιτήσεων του Κανονισμού έρχεται να συνεισφέρει στην αντιμετώπιση των κύριων προκλήσεων που θα αντιμετωπίσουν οι διαχειριστές συστημάτων και δικτύων στο άμεσο μέλλον
- Η εφαρμογή του Κανονισμού θέτει τις βάσεις πάνω στις οποίες μπορούν να υλοποιηθούν νέα εργαλεία για τον βραχυπρόθεσμο και μακροπρόθεσμο σχεδιασμό των ηλεκτρικών συστημάτων για να επιτευχθούν τα ζητούμενα:
 - **λειτουργική ασφάλεια και αξιοπιστία**
 - **ενεργειακή επάρκεια**
 - **ενεργειακή μετάβαση**

Ευχαριστώ για την προσοχή σας!

Ερωτήσεις?