



ΚΑΠΕ
CRES

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Μικροδίκτυα: Ξεκινώντας από την Κύθνο

17 Μαρτίου 2022

Γραμματεία για την καθαρή ενέργεια
στα Ευρωπαϊκά νησιά

Δρ Ευάγγελος Ρίκος

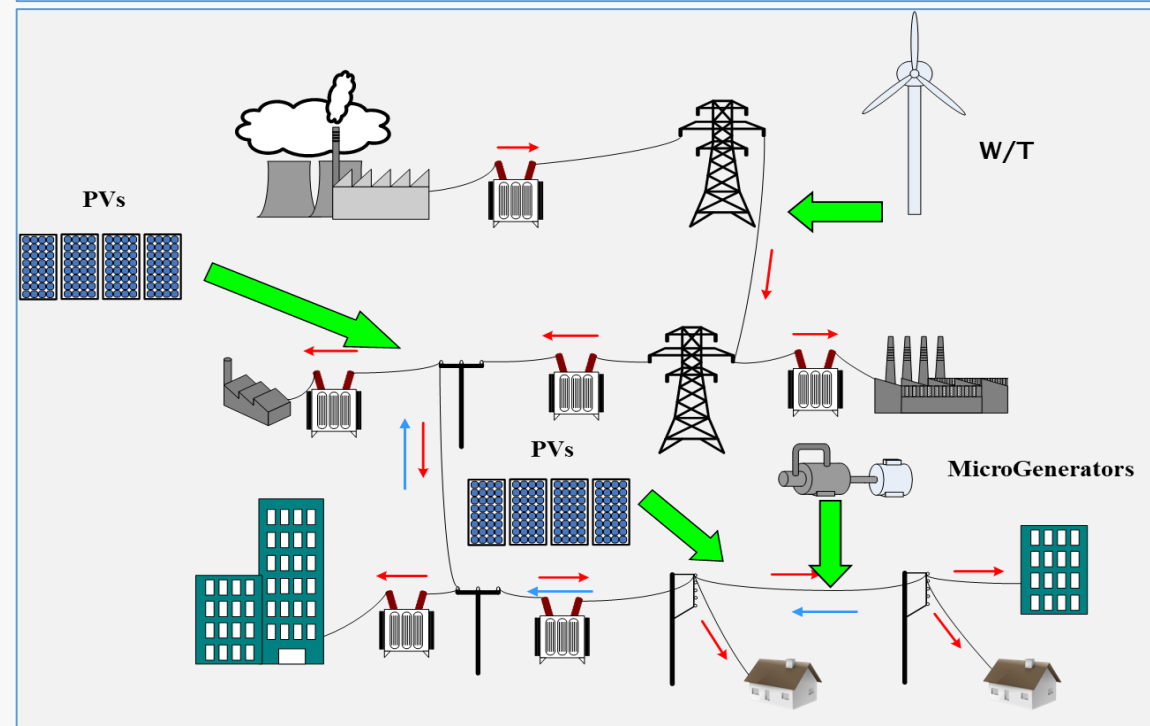
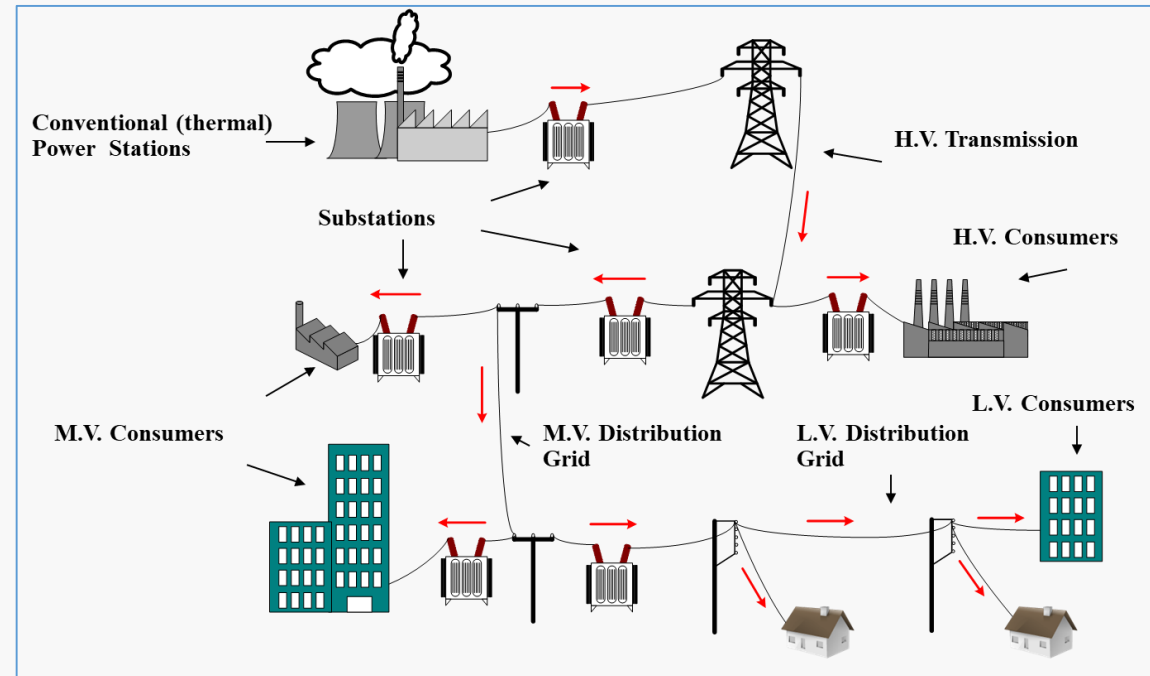
ΚΑΠΕ, Τμήμα ΦΒ Συστημάτων και Διεσπαρμένης
Παραγωγής

Γιατί μικροδίκτυα;

- Ενσωμάτωση ΑΠΕ μικρομεσαίας κλίμακας σε τοπικό επίπεδο
- Ενσωμάτωση άλλων μονάδων διεσπαρμένης παραγωγής
- Ενσωμάτωση τεχνολογιών αποθήκευσης σε μικρομεσαία κλίμακα

Τα μικροδίκτυα αποτελούν ιδανική λύση στην ενσωμάτωση αυτών των τεχνολογιών λόγω:

- Σχεδιασμού και στρατηγικών ελέγχου
- Ευελιξίας καταναλωτών
- Ενεργειακής εξισορρόπησης



Γιατί μικροδίκτυα (2);

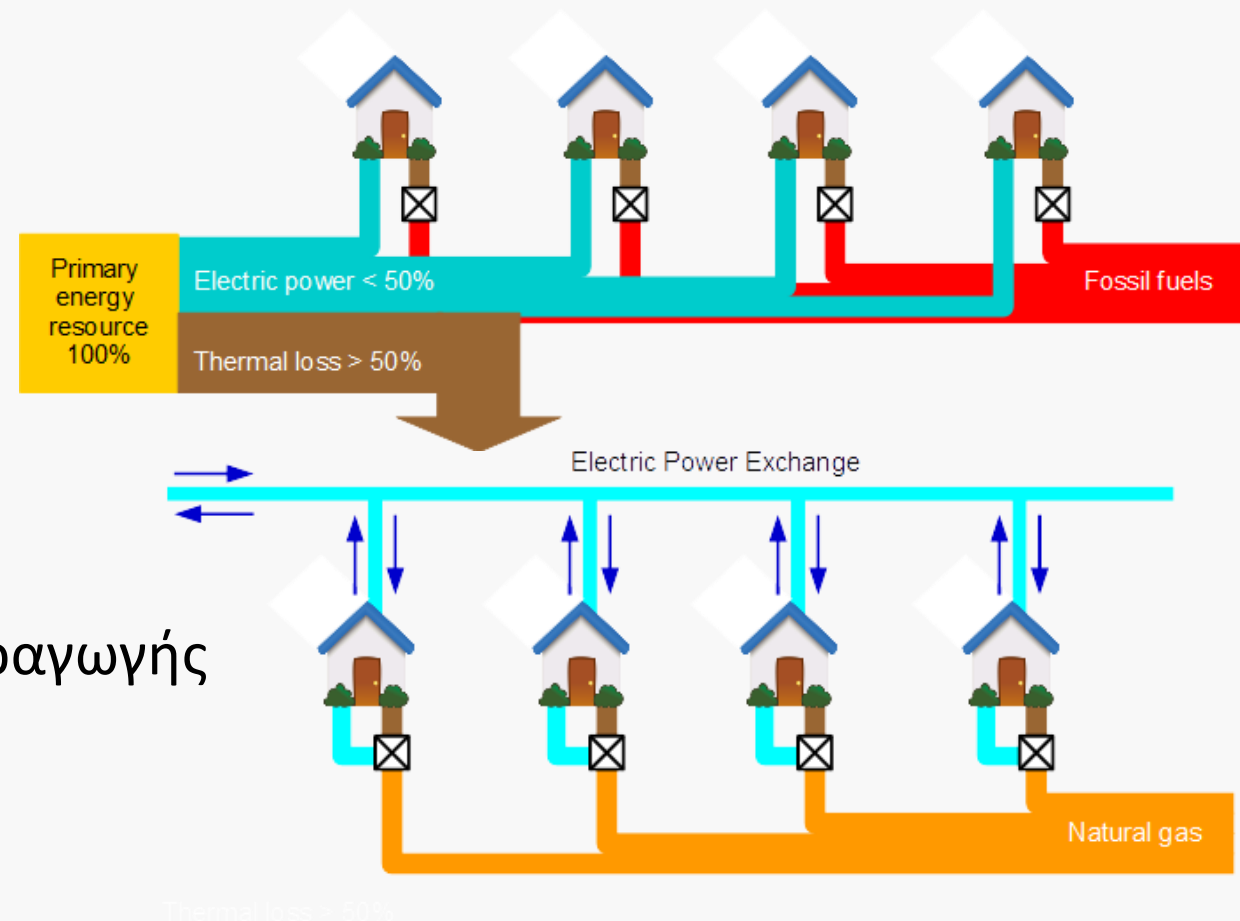
Αποτελεσματική αξιοποίηση άλλων μορφών ενέργειας (π.χ. θερμική)

Υπάρχον μοντέλο

- Κεντρικοί σταθμοί παραγωγής
- Απώλειες θερμότητας τοπικά

Χρήση μικροδικτύου

- Διεσπαρμένες μονάδες συμπαραγωγής
- Βέλτιστη αξιοποίηση θερμικής ενέργειας





Γιατί μικροδίκτυα (3);

- Οικονομικά και περιβαλλοντικά οφέλη:
 - Αύξηση διείσδυσης ΑΠΕ σε τοπικό επίπεδο
 - Μείωση εκπομπών CO₂
 - Μείωση της χρήσης δικτύων μεταφοράς (μικρότερες απώλειες \Rightarrow μικρότερο κόστος επενδύσεων)
 - Αξιοποίηση ενεργειακών απωλειών (π.χ. θερμότητας από σταθμούς συμπαραγωγής) τοπικά
- Αυξημένη ασφάλεια ως προς την παροχή ισχύος για τους χρήστες:
 - Αδιάλειπτη παροχή ηλεκτρισμού
- Βέλτιστη οικονομική και τεχνική λειτουργία:
 - Σαφείς δυνατότητες, αρμοδιότητες και όρια ελέγχου
- Αυτόνομα συστήματα vs Μικροδίκτυα:
 - Διαφορές: Τροφοδότηση καταναλωτών μόνιμα αποσυνδεδεμένων από το κύριο δίκτυο, πρόσθετες λειτουργικές απαιτήσεις
 - Ομοιότητες: Ίδιοι διεσπαρμένοι πόροι, ίδια συμπεριφορά σε αυτόνομη λειτουργία

Συνεπώς τα αυτόνομα συστήματα μπορούν να θεωρηθούν ως μια ειδική περίπτωση μικροδικτύων



Μικροδίκτυα: Ορισμός και χαρακτηριστικά

Ορισμός (EPRI): Ως μικροδίκτυο (Μ/Δ) ορίζεται ένα σύνολο διασυνδεδεμένων φορτίων και διεσπαρμένων ενεργειακών πόρων με διακριτά ηλεκτρικά όρια που λειτουργεί ως μια ελεγχόμενη οντότητα ως προς το δίκτυο και μπορεί να λειτουργήσει είτε διασυνδεδεμένα είτε αυτόνομα.

- Κατά κανόνα μικρής κλίμακας συστήματα Χ.Τ., μέρος του δικτύου διανομής διασυνδεδεμένα στο δευτερεύον Μ/Σ διανομής Μ.Τ. σε Χ.Τ.
- Χρήση: Ηλεκτροδότηση οικιακών κοινοτήτων, αγροτικές κοινότητες ή μικτές κοινότητες κοντά σε αστικό ιστό
- Ενσωματώνουν διάφορους τύπους ενεργειακών πόρων όπως:
 - Μικροπηγές ή μικρογεννήτριες (Φ/Β, micro-turbines, fuel cells, κλπ.)
 - Συστήματα αποθήκευσης (Μπαταρίες, Υπερπυκνωτές, flywheels, κλπ.)
 - Ελεγχόμενα και μη ελεγχόμενα φορτία



Απαιτήσεις λειτουργίας

- Διασφάλιση ενεργειακής ισορροπίας μεταξύ παραγωγής και κατανάλωσης τόσο σε βραχυχρόνια (στιγμιαία ισχύ) όσο και σε μακροχρόνια κλίμακα (ενέργεια)
- Πιο δύσκολο να επιτευχθεί σε αυτόνομη λειτουργία όταν απουσιάζει το δίκτυο που εξασφαλίζει την ενεργειακή ισορροπία σε κάθε κλίμακα

Ένα Μ/Δ θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Κατάλληλο σχεδιασμό και επιλογή των πηγών και αποθηκευτικών μονάδων
- Έξυπνο έλεγχο σε διάφορα επίπεδα: τοπικά (ρύθμιση τάσης/συχνότητας, κατανομή ισχύος) και κεντρικά (εποπτικός έλεγχος και βελτιστοποιημένη λειτουργία)
- Η διαχείριση ενέργειας/ισχύος θα πρέπει να γίνεται:
 - Στις μονάδες παραγωγής ώστε να αυξομειώνουν την ισχύ που παράγουν
 - Στις καταναλώσεις με απόρριψη μη κρίσιμων φορτίων όταν υπάρχει χαμηλή παραγωγή ή μετατόπισή τους σε ώρες με υψηλή παραγωγή

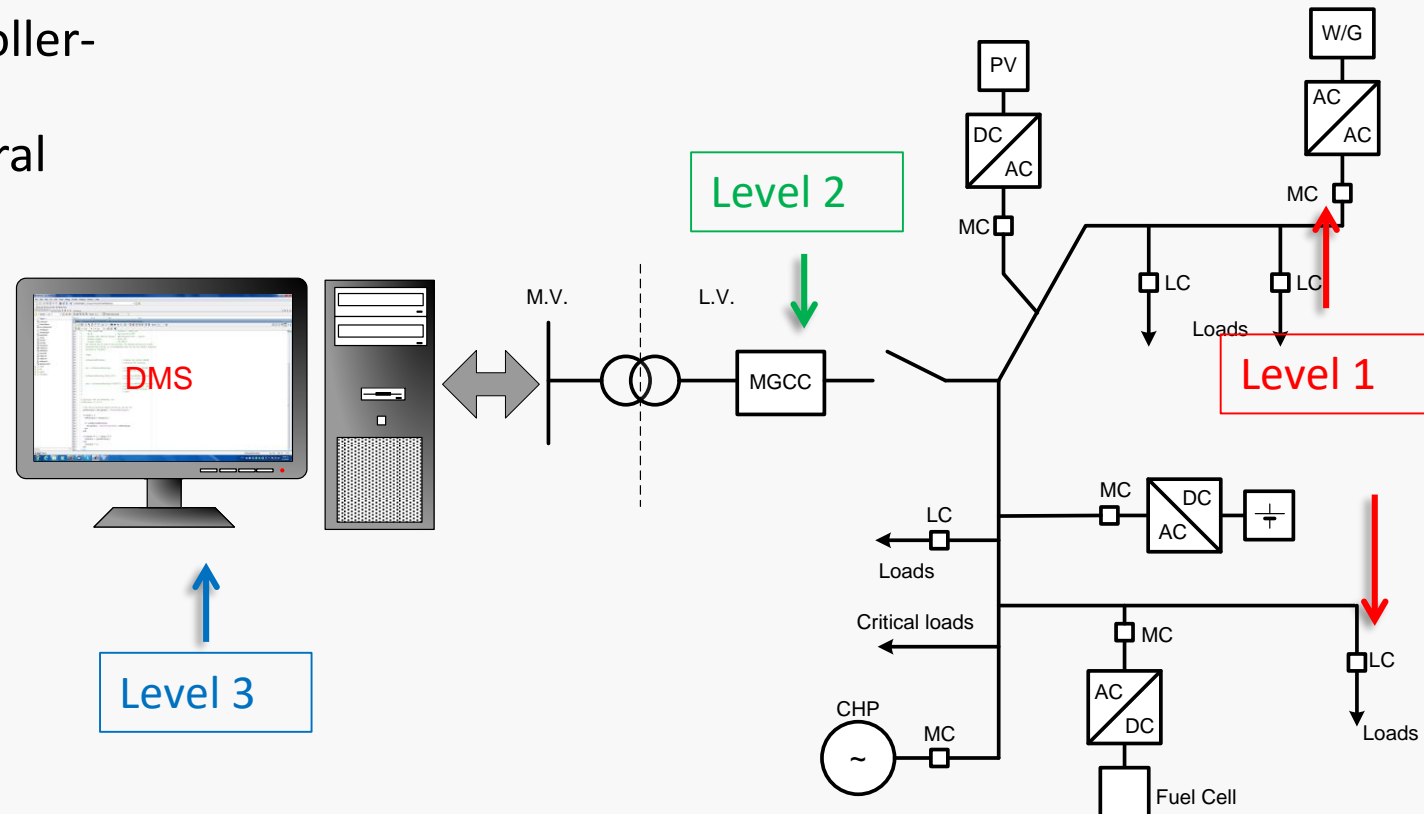
Αρχιτεκτονική ελέγχου Μ/Δ

Ιεραρχικός, πολυεπίπεδος έλεγχος. Κάθε επίπεδο επιτελεί συγκεκριμένες λειτουργίες

- Ελεγκτές μικροπηγών (Microsource Controller-MC) και φορτίων (Load Controller-LC)
- Κεντρικός Ελεγκτής Μ/Δ (Microgrid Central Controller-MGCC)
- Διαχείριση Διανομής (Distribution Management System -DMS)

Φυσικές ποσότητες που ελέγχονται:

- Στιγμαία Τάση/Συχνότητα και Ενεργός/Αεργός ισχύς (τοπικά)
- Συντονισμένη ρύθμιση των ανωτέρω
- Διαχείριση ενέργειας



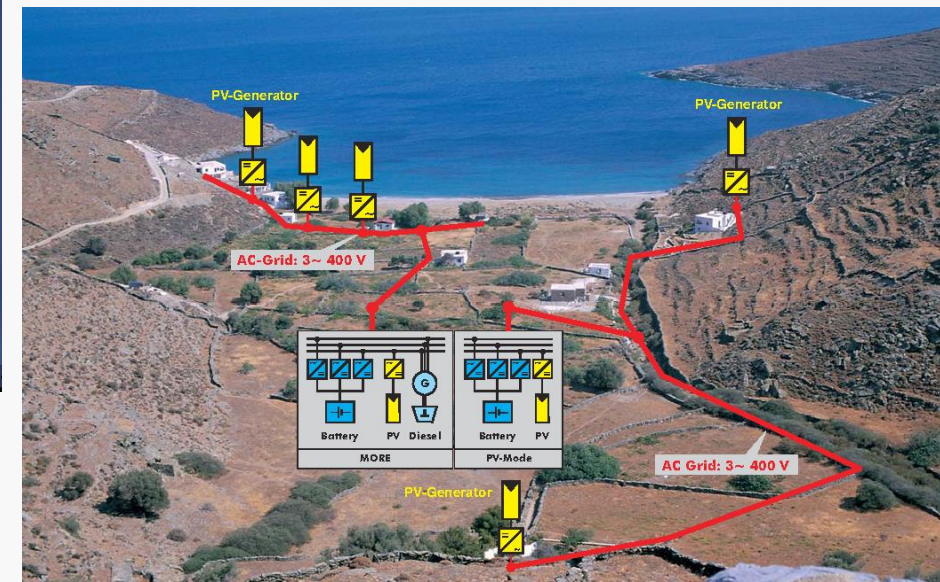
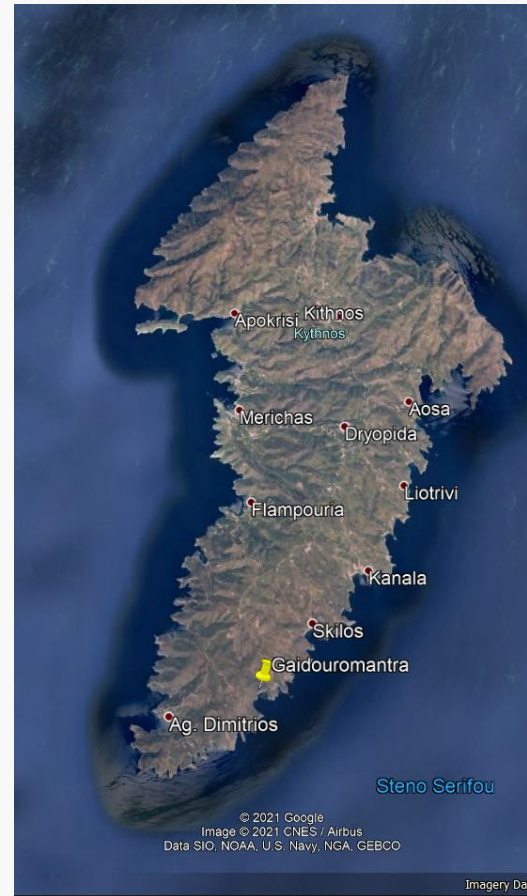


Πρότυπα σχετικά με τον έλεγχο Μ/Δ

- IEEE P2030.7: Standard for the Specification of Microgrid Controllers:
 - Σύστημα Ενεργειακής Διαχείρισης Μ/Δ (Microgrid Energy Management System-MEMS)
 - Λειτουργίες ελέγχου που επιτρέπουν την αυτόνομη/διασυνδεδεμένη λειτουργία του Μ/Δ
 - Ανταλλαγή ισχύος και επικουρικές υπηρεσίες (Ancillary Services)
 - Στρατηγικές ελέγχου ανεξάρτητες από τοπολογία, διαμόρφωση και δικαιοδοσία Μ/Δ
- IEEE P2030.8: Standard for the Testing of Microgrid Controllers:
 - Διαδικασίες για τη δοκιμή και επαλήθευση λειτουργίας των ελεγκτών

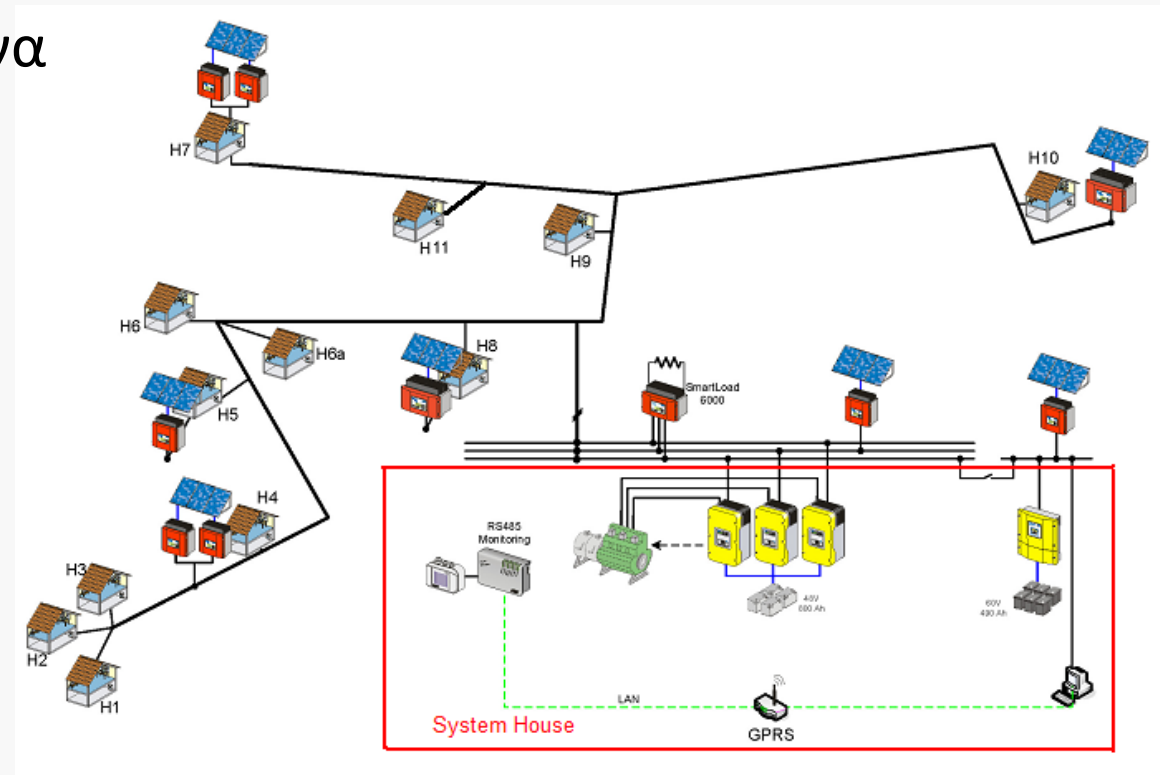
Μ/Δ Γαϊδουρόμαντρας Κύθνου

- Αυτόνομο Μ/Δ με πραγματικούς καταναλωτές
- Τροφοδοτεί 12 εξοχικές κατοικίες
- 3-φασικό σύστημα Χ.Τ.
- Το Μ/Δ είναι μόνιμα αυτόνομο
- Οι κύριες μονάδες παραγωγής είναι Φ/Β συστήματα με ένα Η/Ζ diesel ως εφεδρική μονάδα
- Το προφίλ κατανάλωσης παρουσιάζει ιδιαιτερότητες λόγω της χρήσης των οικιών



Μ/Δ Γαϊδουρόμαντρας-Τεχνικά χαρ/κά

- Ισχύς Φ/Β: 12kWp
- Διεσπαρμένα Φ/Β συστήματα συνδεδεμένα στο τοπικό αυτόνομο δίκτυο
- Αποθήκευση: Συσσωρευτές συνολικής χωρητικότητας 85kWh
- Κεντρική μονάδα αμφίδρομου που ρυθμίζει την τάση και τη συχνότητα του δικτύου και να φορτίζει τις μπαταρίες
- Η/Ζ: 3-φασική γεννήτρια diesel στα 9kVA





Μ/Δ Γαϊδουρόμαντρας Κύθνου

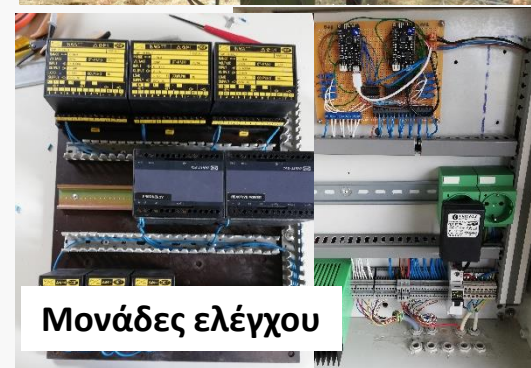
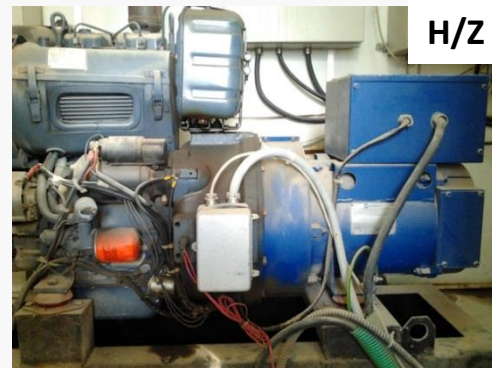
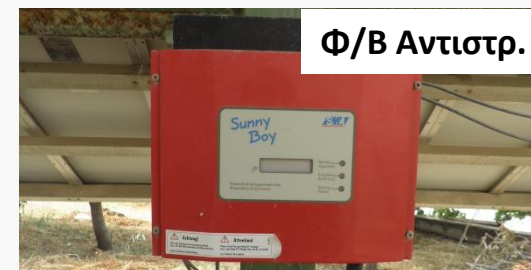
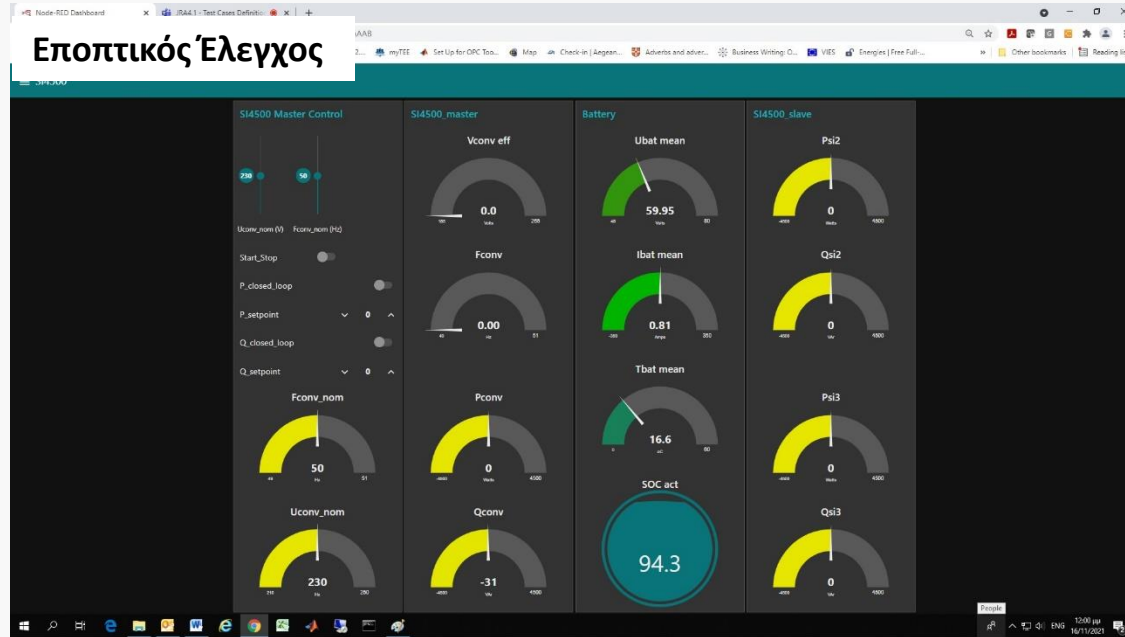
- Εγκατάσταση του συστήματος:
 - Ξεκίνησε το 2001 ως μέρος των έργων PV-MODE, JOR3-CT98-0244 και MORE, JOR3CT98-0215
 - Αναβαθμίστηκε στα πλαίσια του Ευρωπαϊκού έργου More-Microgrids
- Τεχνολογίες που έχουν δοκιμαστεί:
 - Τεχνικές διαχείρισης της ενέργειας σε αυτόνομα μικροδίκτυα \Rightarrow εμπορικά προϊόντα
 - Διαχείριση φόρτισης συσσωρευτών μέσω μεταβολής χαρακτηριστικών στατισμού (droop) Ενεργού Ισχύος/Συχνότητας (P/f)
 - Παραλληλισμός αντιστροφών συσσωρευτών
 - Έξυπνοι ελεγκτές φορτίων

Το μικροδίκτυο στη Γαϊδουρόμαντρα, ως ένα από τα πρώτα μικροδίκτυα που υλοποιήθηκαν διεθνώς, έχει γίνει σημείο στο αντικείμενο αυτό, και σε θέματα που αφορούν στην υψηλή διείσδυση, έλεγχο, διαχείριση και αποδοχή των ΑΠΕ.

Πειραματικό Μ/Δ ΚΑΠΕ-Τεχνικά χαρ/κά

- Μονάδες ισχύος:
 - 2 Φ/Β μονάδες 1.1 και 4.4kW (η δεύτερη σε tracker μονού άξονα)
 - 2 μονοφασικοί αντιστροφείς για τη διασύνδεση των Φ/Β
 - Τρεις μονάδες αποθήκευσης (μπαταρίες μολύβδου OPzS 60V/670Ah και 2x48V/400Ah)
 - 6 μονοφασικοί μετατροπείς ισχύος για τη διασύνδεση των μπαταριών
 - Ένα Η/Ζ diesel 12.5kVA
 - Μια ελεγχόμενη τράπεζα φορτίων 13kW, 1.2kVAr-cap.
 - 3-φασική διασύνδεση με το τοπικό δίκτυο διανομής
- Έλεγχος και επικοινωνία:
 - Πρωτόκολλα: MQTT, SMANet, Modbus RTU, Modbus ASCII, OPC DA, Interbus
 - Πλατφόρμες λογισμικού: Node-RED, Python, Matlab, LabVIEW

Πειραματικό Μ/Δ ΚΑΠΕ-Φωτογραφικό Υλικό





Πειραματικό Μ/Δ ΚΑΠΕ-Εφαρμογές

Συμμετοχή σε Ευρωπαϊκά
ερευνητικά έργα την
τελευταία 10ετία:

- DERri (FP7)
- MIRABEL (FP7)
- ELECTRA IRP (FP7)
- ERIGrid (H2020)
- ERIGrid 2.0 (H2020)

Πειραματικές εφαρμογές στα πλαίσια
των έργων:

- Συστήματα διαχείρισης δικαιωμάτων CO2 με χρήση MultiAgent Systems
- Αλγόριθμοι βελτιστοποίησης οικονομικής λειτουργίας (Model Predictive Control και Stochastic Optimal Predictive Control)
- Βέλτιστος έλεγχος τάσης (Multi-Objective Control)
- Αυτοματοποιημένη πλατφόρμα διαχείρισης ευελιξίας (flexibility) για λογαριασμό ΦοΣΕ (Aggregator/BRP)
- Βελτιστοποιημένος έλεγχος συχνότητας/ροής ισχύος
- Ευφυές σύστημα ανίχνευσης διαταραχών στην ποιότητα ισχύος



Το έργο Geographical Islands Flexibility-GIFT

- Έργο H2020 (Innovation Action)
- Δύο πιλοτικά έργα σε ευρωπαϊκά νησιά (Hinnoya, Norway και Procida, Italy)
- Δύο (+) ακόλουθα νησιά (Εύβοια και Favignana, Italy)
- Εφαρμογή έξυπνων τεχνολογιών διαχείρισης ευελιξίας καταναλωτών (Prosumers):
 - Virtual Power System, Flex-Agents, Forecasting, Grid Observability, EMS, Enterprise Service Bus
- Εφαρμογή καινοτόμων τεχνολογιών αποθήκευσης:
 - HBr Flow Battery, Smart Energy Hub (Li-ion battery and rSOC)



**ΚΑΠΕ
CRES**

ΚΕΝΤΡΟ ΑΝΑΝΕΩΣΙΜΩΝ ΠΗΓΩΝ
ΚΑΙ ΕΞΟΙΚΟΝΟΜΗΣΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



Ευχαριστώ!

Κέντρο Ανανεώσιμων Πηγών και Εξοικονόμησης Ενέργειας

19^ο χλμ. Λεωφόρου Μαραθώνος, 19009 Πικέρμι

T. 2106603368, vrikos@cres.gr