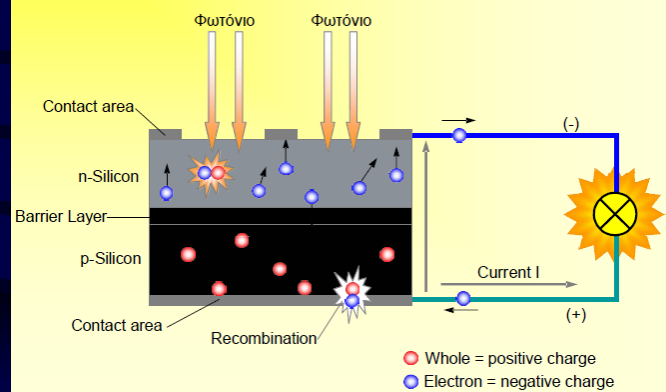


## Πλεονεκτήματα / Μειονεκτήματα σύνδεσης AC - DC

	Σύνδεση AC	Σύνδεση DC
Εγκατάσταση	++ Εξαρτήματα κοινής χρήσης AC	- Εξειδικευμένα εξαρτήματα DC
Αποστάσεις	+ Μεγάλες αποστάσεις	-- Μικρές αποστάσεις
Επέκταση Συστήματος	++ Εύκολη επέκταση	- Περιορισμένη δυνατότητα επέκτασης
Κόστος	++ Εξαρτήματα μαζικής παραγωγής	-- Υψηλό κόστος καταναλωτών – εξαρτημάτων
Καταναλωτές-Συσκευές	++ Όλες	- Φωτισμός ή συσκευές ειδικού τύπου
Ισχύς	++ Έως MW	-- Έως μερικά kW

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

## Φωτοβολταϊκό φαινόμενο

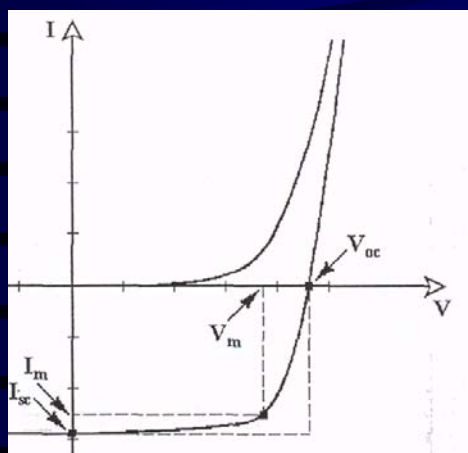


Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

10

## Τεχνολογία φωτοβολταϊκών

Υλικό φ/β στοιχείων	Απόδοση φ/β στοιχείων του εμπορίου	Πλεονεκτήματα	Μειονεκτήματα
Μονοκρυσταλλικό Πυρίτιο	14-19%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ομοιόμορφη μοριακή δομή</li> <li>• Μεγάλος βαθμός απόδοσης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υψηλό κόστος παραγωγής</li> <li>• Μεγάλες απώλειες κατά τη διαδικασία κοπής</li> <li>• Ενεργοβόρα διαδικασία παραγωγής</li> </ul>
Πολυκρυσταλλικό Πυρίτιο	10-14%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Οικονομικότερη παραγωγική διαδικασία από το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο</li> <li>• Τετραγωνικά δισκία επιτρέπουν μεγαλύτερο δείκτη κάλυψης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χαμηλότερη απόδοση συγκρινόμενη με το μονοκρυσταλλικό πυρίτιο</li> <li>• Μεγάλες απώλειες κατά τη διαδικασία κοπής</li> </ul>
Ribbon Πυρίτιο	Έως 15%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λιγότερες απώλειες πυριτίου στην παραγωγή</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χειρότερη ποιότητα πυριτίου από αυτή του μον/κού</li> <li>• Περιορισμένες εμπορική παραγωγή μέχρι σήμερα</li> </ul>
Thin-film Πυρίτιο	Έως 17% (ραγδαία εξελισσόμενη έρευνα)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Λιγότερο χρησιμοποιούμενο υλικό</li> <li>• Όχι μεγάλες απαιτήσεις σε υλικό υποστρώματος</li> <li>• Πολλά υποσχόμενη τεχνολογία</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Περιορισμένες εμπορική παραγωγή μέχρι σήμερα</li> </ul>
Άμορφο Πυρίτιο	6-9%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Χαμηλό κόστος παραγωγής συγκρινόμενο με το κρυσταλλικό πυρίτιο</li> <li>• Υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μικρός βαθμός απόδοσης</li> <li>• Βαθμιαία μείωση της απόδοσης με την πάροδο του χρόνου</li> </ul>
Αρσενικούχο γάλλιο	25-30%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Μεγάλος βαθμός απόδοσης</li> <li>• Υψηλή θερμική αδράνεια</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υψηλό κόστος παραγωγής (Σπλάσιο του κρυσταλλικού πυριτίου)</li> </ul>
Δισεληντούχος Ινδιούχος Χαλκός	Έως 10%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας</li> <li>• Δεν εμφανίζει βαθμιαία πτώση της απόδοσης όπως το άμορφο πυρίτιο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Πολύπλοκο υλικό</li> <li>• Αυξημένα μέτρα προστασίας κατά την παραγωγική διαδικασία</li> <li>• Περιορισμένες εμπορική παραγωγή μέχρι σήμερα</li> </ul>
Τελουριούχο Κάδμιο	6-13%	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Υψηλό επίπεδο απορρόφησης της ηλιακής ακτινοβολίας</li> <li>• Χαμηλό κόστος παραγωγής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Αυξημένα μέτρα προστασίας κατά την παραγωγική διαδικασία</li> <li>• Περιορισμένες εμπορική παραγωγή μέχρι σήμερα</li> </ul>

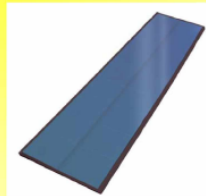


η τάση και η ένταση του ρεύματος του κυττάρου παίρνουν ενδιάμεσες τιμές ανάμεσα στις ακραίες που αντιστοιχούν

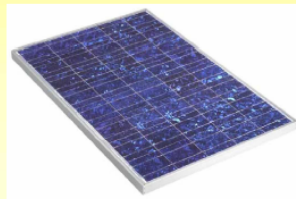
σε μηδενική αντίσταση (βραχυκυκλωμένη κατάσταση με μέγιστη τιμή ρεύματος,  $I_{sc}$  και μηδενική τάση)

και άπειρη αντίσταση (ανοιχτοκυκλωμένη κατάσταση με μηδενική τιμή ρεύματος και μέγιστη τιμή τάσης,  $V_{oc}$ )

Διάφορες μορφές εμπορικών φωτοβολταϊκών πλαισίων



Αμορφο πυρίτιο

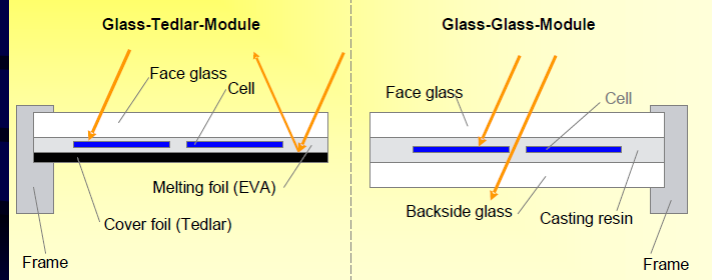


Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο



Μονοκρυσταλλικό πυρίτιο

Ενσωμάτωση Φ/Β συστημάτων στο κέλυφος κτιρίων  
Ειδικά Φ/Β πλαίσια

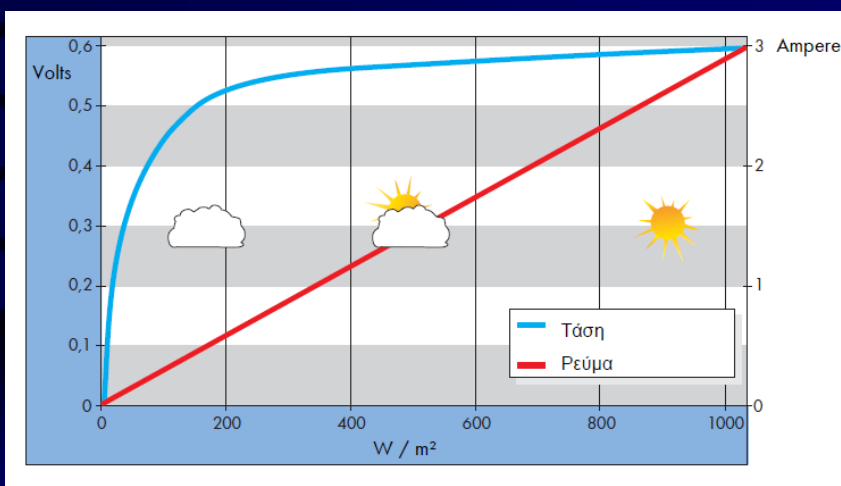


Τα τρία περισσότερο σημαντικά ηλεκτρικά χαρακτηριστικά μιας φωτοβολταϊκής κυψέλης είναι:

Το ρεύμα βραχυκυκλώματος,  
Η τάση ανοικτού κυκλώματος  
Το σημείο μέγιστης ισχύος

σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία και την ακτινοβολία.

### Χαρακτηριστική V και I





**Η θερμοκρασία είναι μια σημαντική παράμετρος λειτουργίας ενός Φ.Β. συστήματος.**

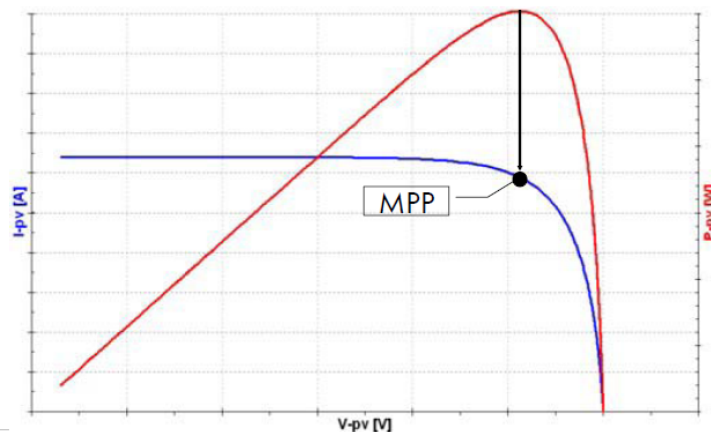
**Ο συντελεστής θερμοκρασίας για την τάση ανοικτού κυκλώματος είναι κατά προσέγγιση ίσος με  $-x.x \text{ mV}/^\circ\text{C}$  για καθένα ηλιακό στοιχείο.**

Η λειτουργία μιας βασικής μονάδας θα πρέπει να βρίσκεται όσο το δυνατόν πιο κοντά στο σημείο μέγιστης ισχύος. Είναι ένα σημαντικό γνώρισμα της χαρακτηριστικής της βασικής μονάδας, το ότι η τάση του σημείου μέγιστης ισχύος  $V_m$  είναι σχεδόν ανεξάρτητη από την ακτινοβολία.

## Χαρακτηριστικές καμπύλες μια Φ/Β κυψέλης

Σημείο Μέγιστης ισχύος (*Maximum Power Point*) :

Είναι το σημείο χαρακτηριστικής I/V όπου το γινόμενο τάσης-ρεύματος (δηλ. η ισχύς) γίνεται μέγιστο

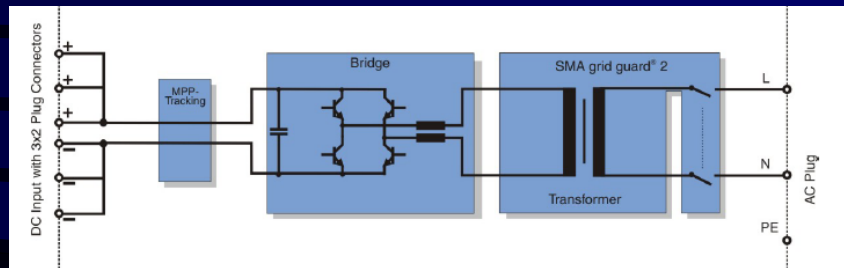


- ▣ Ο αντιστροφέας θα πρέπει να διασφαλίζει ότι η φωτοβολταϊκή γεννήτρια θα λειτουργεί στο **Σημείο Μέγιστης Ισχύος (Maximum Power Point MPP)** προσαρμόζοντας την αντίστοιχη τάση λειτουργίας
- ▣ Γνωρίζουμε όμως ότι το σημείο αυτό δεν είναι σταθερό καθώς αλλάζει τόσο με την ηλιακή ακτινοβολία όσο και με τη θερμοκρασία. Από τη στιγμή λοιπόν που η τάση και το ρεύμα της φωτοβολταϊκής συστοιχίας μεταβάλλονται με τις καιρικές συνθήκες ο αντιστροφέας θα πρέπει να μετακινεί το σημείο λειτουργίας του έτσι ώστε να επιτυγχάνεται η μέγιστη δυνατή απορρόφηση ισχύος από τη φωτοβολταϊκή συστοιχία.
- ▣ Αυτό επιτυγχάνεται με χρήση ενός ηλεκτρονικού κυκλώματος, του Ανιχνευτή του Σημείου Μέγιστης Ισχύος (MPPT).
- ▣ Για την ανίχνευση του σημείου μέγιστης ισχύος έχουν αναπτυχθεί διάφοροι αλγόριθμοι οι οποίοι βασίζονται στη μέτρηση της ισχύος εξόδου της φωτοβολταϊκής γεννήτριας, που με τη βοήθεια ανατροφοδότησης και ενός μετατροπέα επιτυγχάνουν μετατόπιση της τάσης λειτουργίας ώστε να συμπέσει με την τάση που αντιστοιχεί στο σημείο μέγιστης ισχύος.

## Τύποι inverters

- ▣ Κεντρικοποιημένος Αντιστροφέας (Centralized Inverter)
- ▣ Αντιστροφέας στοιχειοσειράς (String Inverter)
- ▣ Αντιστροφέας πολλαπλών στοιχειοσειρών (Multi-string Inverter)
- ▣ AC-Module

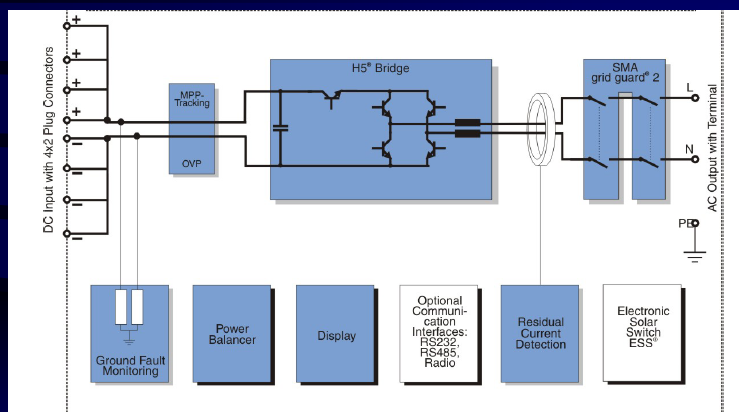
# STRING INVERTER ME M/Σ



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

21

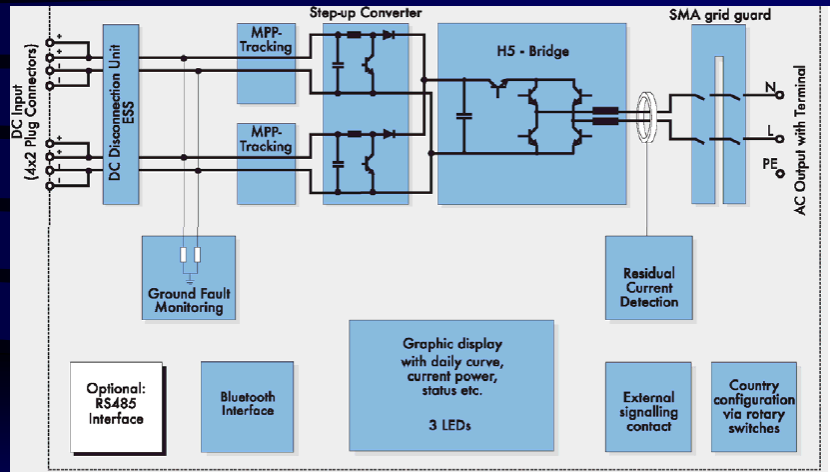
# STRING INVERTER ΧΩΡΙΣ Μ/Σ



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

22

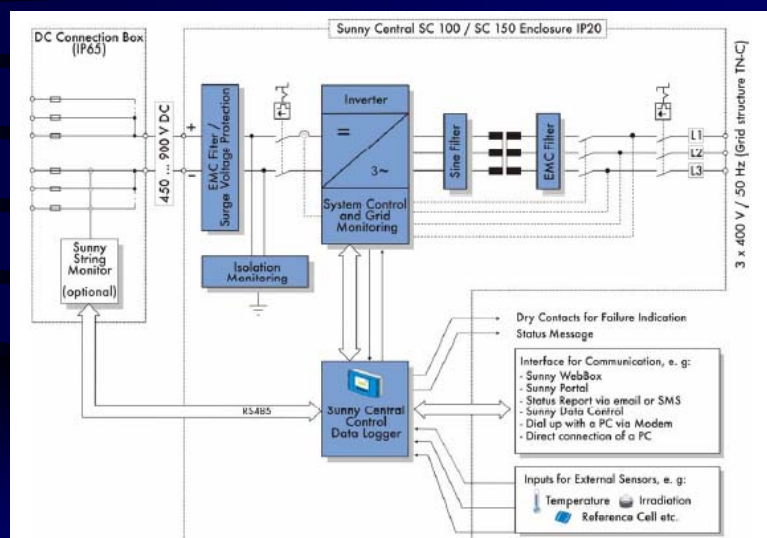
## Μετατροπέας πολλαπλών στοιχειοσειρών (Multi-String) SMA χωρίς Μ/Σ



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

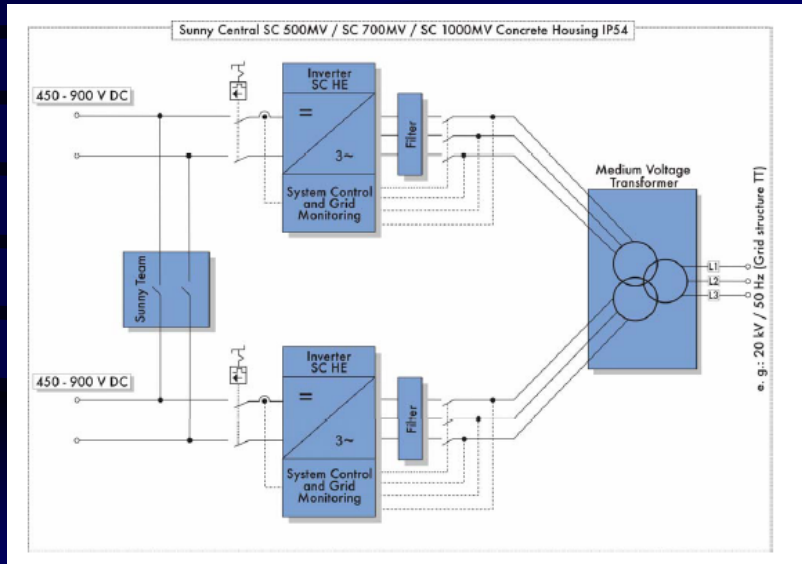
23

## Κεντρικοί inverters

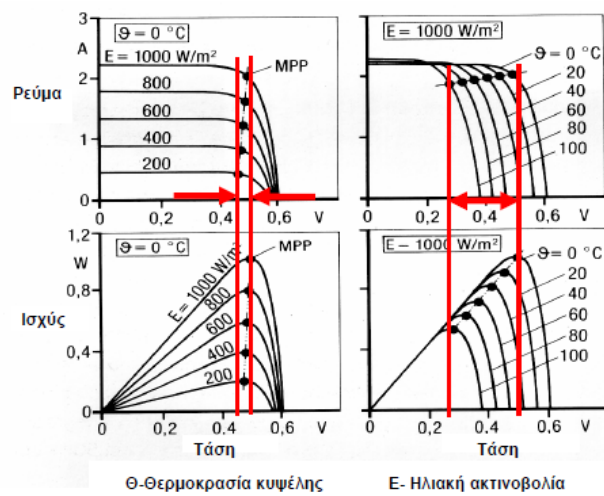


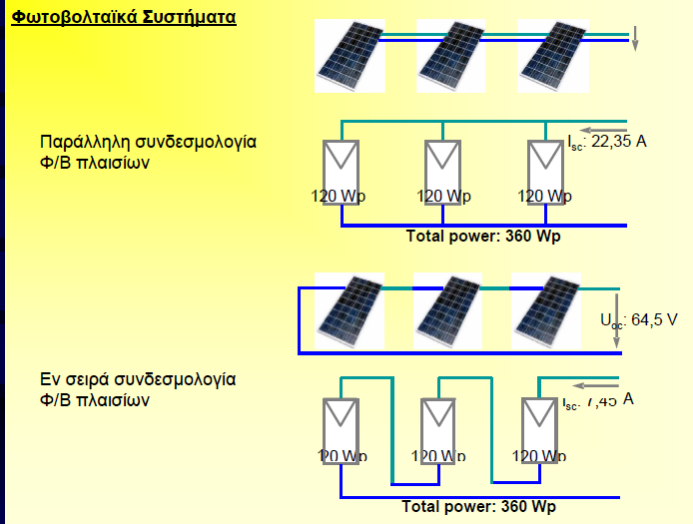
Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

24



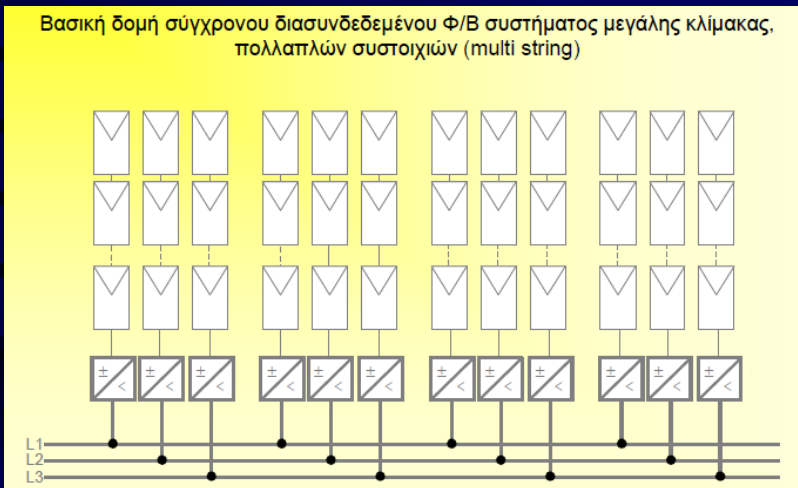
Το σημείο MPP δεν είναι σταθερό. Μεταβάλλεται διαρκώς ανάλογα με τη θερμοκρασία της κυψέλης και την ισχύ της ηλιακής ακτινοβολίας





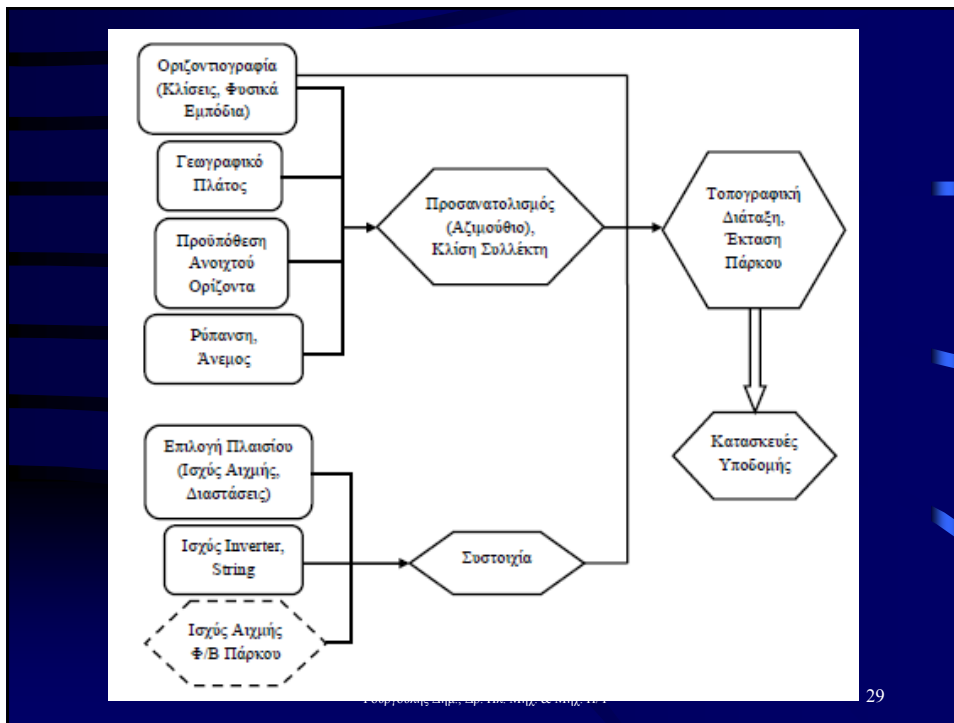
Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

27

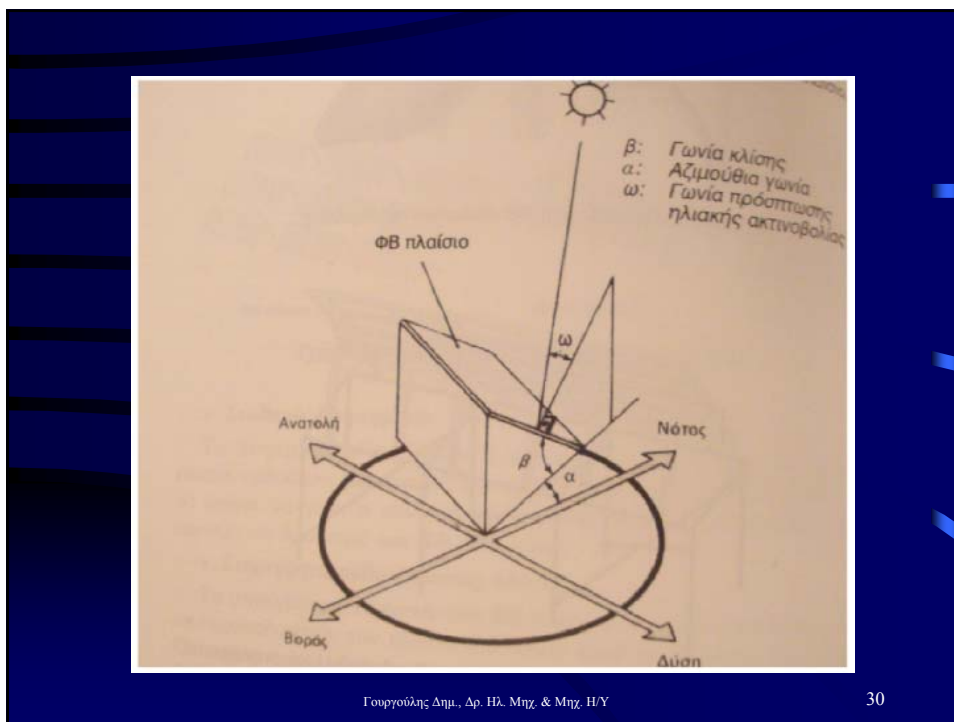


Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

28

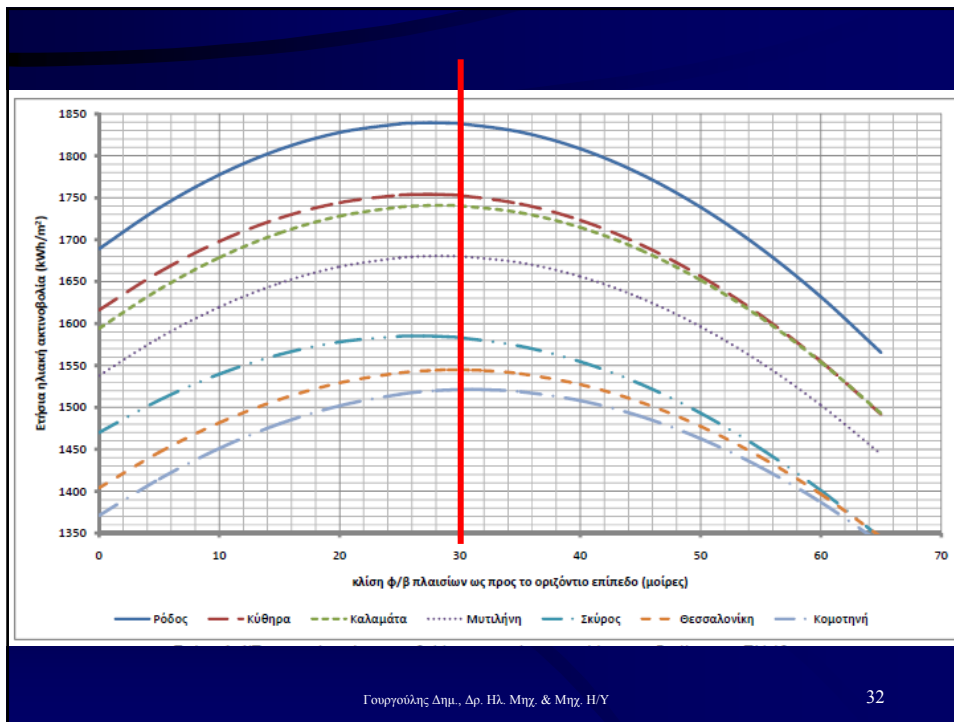
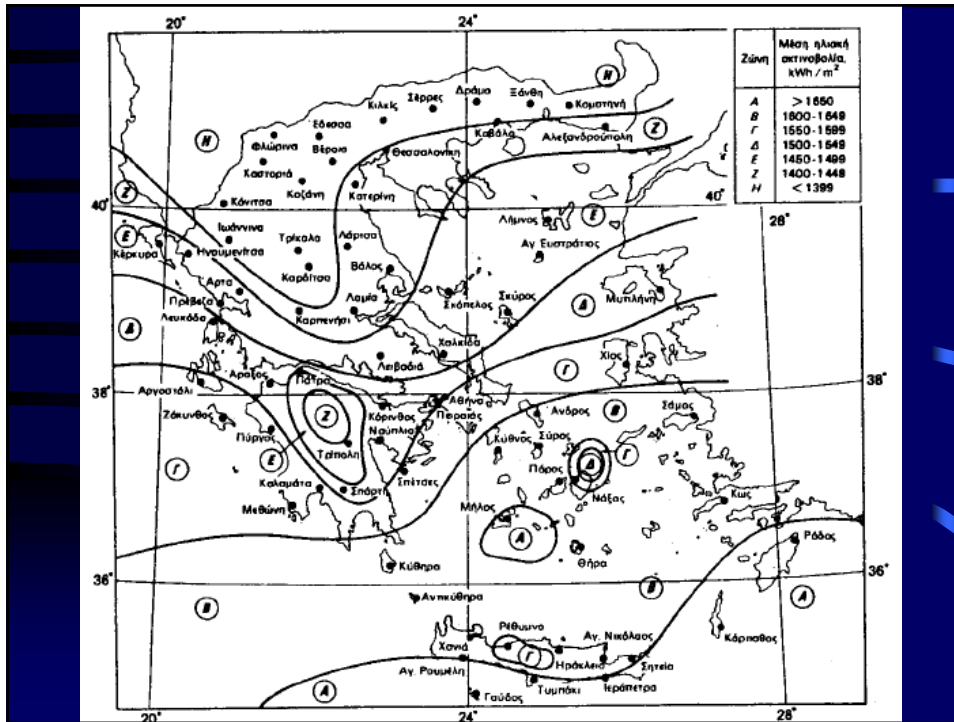


29



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

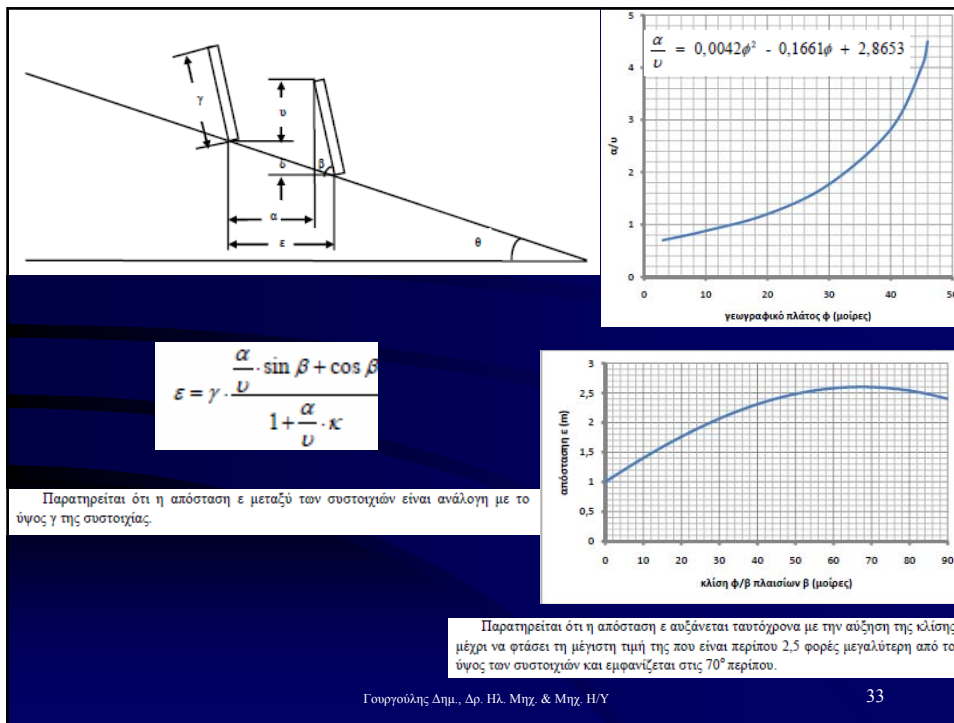
30



Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

32





## Υπολογισμός εμβαδού οριζόντιας έκτασης

- Το εμβαδό οριζόντιας έκτασης  $E_{TOT}$  που απαιτείται για την σωστή τοποθέτηση των πλαισίων σε ένα αγροτεμάχιο υπολογίζεται ως εξής:
- $E_{TOT} = E_{\Phi B} \epsilon / (\gamma \cos \beta)$  (m<sup>2</sup>)
- $E_{\Phi B}$  :Εμβαδό οριζόντιας προβολής όλων των ΦΒ πλαισίων
- $E_{\Phi B} = E N \cos \beta$  όπου  $E$  είναι το εμβαδό του πλαισίου και  $N$  ο αριθμός των πλαισίων

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ 34

SMA-SUNNY MINI CENTRAL			
	SMC 6000TL	SMC 7000TL	SMC 8000TL
<b>Τιμές Εισόδου</b>			
Μέγιστη ισχύς DC	6200W	7200W	8250W
Εύρος τάσης DC	335V-700V	335V-700V	335V-700V
Ονομαστική τάση DC	350V	350V	350V
Μέγιστη τάση DC	700V	700V	700V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	19A	22A	25A
Διακύμανση τάσης DC	<10%	<10%	<10%
Μέγιστος αριθμός παράλληλων string	4	4	4
<b>Τιμές Εξόδου</b>			
Μέγιστη ισχύς AC	6000W στους 40°C	7000W στους 40°C	8000W στους 40°C
Ονομαστική ισχύς AC	6000W	7000W	8000W
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	27A	31A	35A
THD ρεύματος AC	<4%	<4%	<4%
Ονομαστική τάση AC	220V-240V	220V-240V	220V-240V
Ονομαστική συχνότητα AC	50Hz	50Hz	50Hz
<b>Απόδοση</b>			
Μέγιστη απόδοση	98%	98%	98%
Euro-eta	97,7%	97,7%	97,7%
<b>Μηχανολογικά στοιχεία</b>			
Βάρος	31kg	32kg	33kg
Υψος/Μήκος/Πλάτος/ (mm)	613/468/242	613/468/242	613/468/242

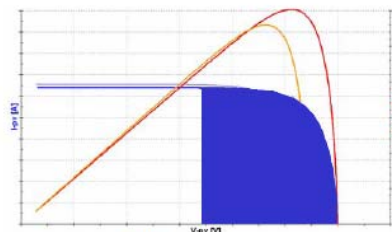
35

KYOCERA-KC 175 GHT-2			
Ηλεκτρική απόδοση υπό στάνταρ συνθήκες (STC*)			
	KC130 GHT-2	KC175GHT-2	KC200GHT-2
Ονομαστική μέγιστη ισχύς P <sub>max</sub>	130W	175W	200W
Ονομαστική τάση φόρτισης V <sub>mp</sub>	17,6V	23,6V	26,3V
Ονομαστικό ρεύμα φόρτισης I <sub>mp</sub>	7,39A	7,42A	7,61A
Τάση ανοιχτού κυκλώματος V <sub>oc</sub>	21,9V	29,2V	32,9V
Ρεύμα βραχυκύκλωσης I <sub>sc</sub>	8,02A	8,09A	8,21A
Τάση μέγιστης ισχύος συστήματος	750V	1000V	1000V
Πλήθος φ/β στοιχείων ανά πλαίσιο	36	48	54
Τεχνολογία φ/β στοιχείων	Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο	Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο	Πολυκρυσταλλικό πυρίτιο
Μορφή φ/β στοιχείων	πολυγωνική	πολυγωνική	πολυγωνική
Διαστάσεις (μήκος×πλάτος×ύψος) mm	1425×652×36	1290×990×36	1425×990×36
Βάρος	11,9kg	16,0kg	18,5kg

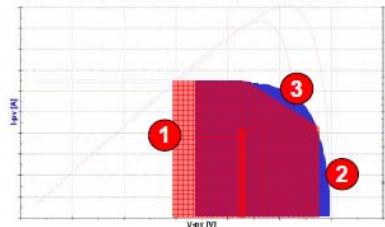
Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. &amp; Μηχ. Η/Υ

36

## Ταιριάζοντας τον μετατροπέα με την Φ/Β γεννήτρια



Φ/Β γεννήτρια



Μετατροπέας

Το εύρος λειτουργίας των Φ/Β και του μετατροπέα δεν είναι εναρμονισμένα. Θα πρέπει να υπολογίσουμε σωστά τα παρακάτω:

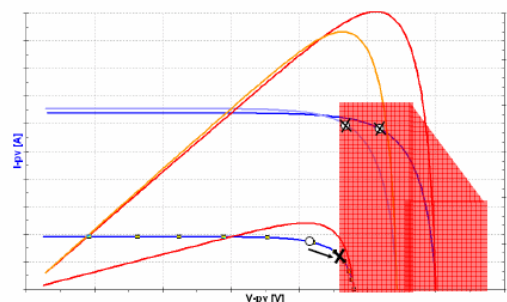
- 1) Τάση MPP των Φ/Β στις υψηλές θερμοκρασίες
- 2) Τάση ανοιχτού κυκλώματος των Φ/Β στις χαμηλές θερμοκρασίες
- 3) Μέγιστη ισχύ Φ/Β γεννήτριας

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

37

## Χαμηλή MPP τάση

Περίπτωση ① Η τάση MPP της Φ/Β γεννήτριας είναι μικρότερη από την minimum τάση εισόδου του μετατροπέα



Αποτέλεσμα : Μη κρίσιμο:

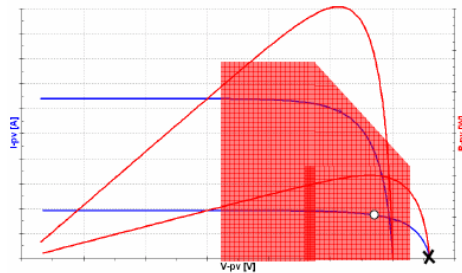
Ο μετατροπέας λειτουργεί παράγοντας και τροφοδοτώντας το δίκτυο με ενέργεια που παράγεται σε τάση μακριά από το σημείο MPP των Φ/Β

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

38

## Υψηλότερη τάση ανοικτού κυκλώματος

Περίπτωση ② Η τάση ανοικτού κυκλώματος των Φ/Β είναι μεγαλύτερη από την μέγιστη επιτρεπτή τάση εισόδου του μετατροπέα

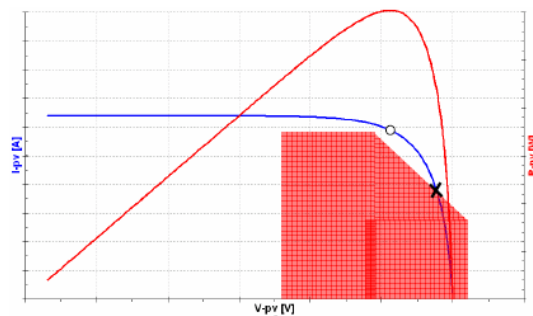


Αποτέλεσμα : Κρίσιμο - Ο μετατροπέας μπορεί να καταστραφεί!!!

Ο μετατροπέας δεν λειτουργεί. Ανάλογα την τάση και την θερμοκρασία μπορεί να οδηγηθούμε καταστροφή του μετατροπέα.

## Περιορισμός ρεύματος / Ισχύος

Περίπτωση ③ Τα Φ/Β μας μπορούν να παράγουν περισσότερη ισχύ και να δώσουν περισσότερο ρεύμα από τον μετατροπέα.



Αποτέλεσμα : Όχι Κρίσιμο

Ο μετατροπέας θα συνεχίσει να τροφοδοτεί το δίκτυο με την μέγιστη ισχύ του.

### Κανόνες Λειτουργίας

- +70 °C: Τάση-MPP > min. Τάση εισόδου του Inverter
- -10 °C: Τάση ανοικτού κυκλώματος < max. Τάση εισόδου του inverter
- Ο λόγος ισχύος να είναι 80 ... 110 % Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες  
(Λόγος ισχύος : Ισχύς εισόδου μετατροπέα / Μέγιστη ισχύ Φ/Β)

**Το ιδανικότερο 80%**

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

41

- Η ισχύς του αντιστροφέα μπορεί να είναι μεταξύ

$$0.7 \cdot P_{pv} < P_{inv\_dc} < 1.2 \cdot P_{pv}$$

- Μέγιστος αριθμός πλαισίων σε σειρά

$$n_{max} = \frac{V_{max,inv}}{V_{oc(-10^\circ)}}$$

- Ελάχιστος αριθμός πλαισίων σε σειρά

$$n_{min} = \frac{V_{MPP(INV\_MIN)}}{V_{MPP(+70^\circ)}}$$

- Αριθμός κλάδων

$$N_{string} < \frac{I_{max(INV)}}{I_{n,string}}$$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

42

## Σχεδίαση Φ/Β πάρκου

- Όλες οι συνδεδεμένες Φ/Β στοιχειοσειρές πρέπει να είναι ίδιες
- Ταιριάξτε τα Φ/Β panel μεταξύ τους βάσει των εργοστασιακών μετρήσεων
- Αποφύγετε τις τμηματικές σκιάσεις των φωτοβολταϊκών
- +70 °C: Τάση-MPP > min. Τάση εισόδου του Inverter
- -10 °C: Τάση ανοικτού κυκλώματος < max. Τάση εισόδου του inverter
- Ο λόγος ισχύος να είναι 80 ... 110 %
- Λειτουργείτε τον μετατροπέα εντός των ορίων της τάσης MPP

## DC System – minimum voltage and current ratings

**Mono- and multi-crystalline silicon modules :**  
All DC components shall be rated, as a minimum, at:  
Voltage –  $V_{oc} (stc) \times 1.15$   
Current –  $I_{sc} (stc) \times 1.25$



## Προστασία strings

- Ξεχωριστή ασφάλεια για κάθε πόλο.
- Δυνατότητα επιλογής μονής ασφάλειας (είτε στο + είτε στο -) για γειωμένα Φ/Β συστήματα
- Δυνατότητα επιλογής ασφάλειας (10-12-16-20A). Για τον υπολογισμό της ασφάλειας θα πρέπει να υπολογίσουμε το ρεύμα της στοιχειοσειράς με συντελεστή 0,7. Δηλ. Εάν έχουμε επιλέξει ασφάλεια 20A το μέγιστο ρεύμα θα πρέπει να είναι  $20A \times 0,7 = 14A$

## Καλώδια DC

Συντελεστής θερμοκρασίας  $50\text{ }^{\circ}\text{C} = 0.71$

Γειτνίαση (Ανάλογα με τον αριθμό των αγωγών)

Πτώση τάσης 1-2 % (Προσοχή χρησιμοποιούμε την συνολική τάση των strings)

$$\Delta U = 2 * \rho * \frac{l}{S} * I * 1.25$$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

45

α/α	Τρόπος τοποθέτησης μονωμένων αγωγών ή καλωδίων	Πλήθος κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	- Ελεύθερα στον αέρα ή - πάνω στην επιφάνεια δομικού υλικού ή - επιτοίχια γυμνά ή σε σωλήνα ή - εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Σε απλή στρώση, σε επαφή με τοίχο ή με δάπεδο ή πάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
3	Σε απλή στρώση, στερεωμένη απευθείας κάτω από οροφή	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

46

## TECSUN (PV) PV1-F

### Ορισμός και ιδιότητες

Καλώδια ανθεκτικά σε καιρικές συνθήκες, ελεύθερα αλογόνων, για χρήση σε φωτοβολταϊκά συστήματα μέσης μηχανικής καταπόνησης, λειτουργία σε εκτεταμένη περιοχή θερμοκρασιών και βελτιωμένη συμπεριφορά έναντι τριβής. Τα καλώδια αυτά είναι ανθεκτικά σε υπεριώδη (UV) ακτινοβολία καθώς επίσης και στο όζον. Έχουν βελτιωμένη συμπεριφορά σε περίπτωση φωτιάς και διαθέτουν χαμηλές εκπομπές καπνού.

### Γενικά τεχνικά στοιχεία

Τα καλώδια αυτού του τύπου προορίζονται για ελεύθερη κίνηση, ελεύθερη ανάρτηση, σταθερή εγκατάσταση η ενταφιασμένα σε φωτοβολταϊκά συστήματα και σε εύρος θερμοκρασιών από -40°C έως +120°C.

Τα καλώδια μπορούν να εγκαθίστανται σε εσωτερικούς χώρους, στο ύπαιθρο, σε αντικερηκτικές περιοχές, σε βιομηχανικές και αγροτικές εγκαταστάσεις. Μπορούν να εγκατασταθούν σε σχάρες, σωλήνες, επίτοιχα, χωρευτά και για τροφοδοσία εξοπλισμού. Είναι κατάλληλα για εφαρμογές μέσα/και σε εξοπλισμό με προστατευτική μόνωση (κλάση προστασίας II). Συνοπτικά εφαρμόζονται οι κανονισμοί IEC 61215 και 61646, IEC 64/1123/CD και DIN VDE 0100 part 520.

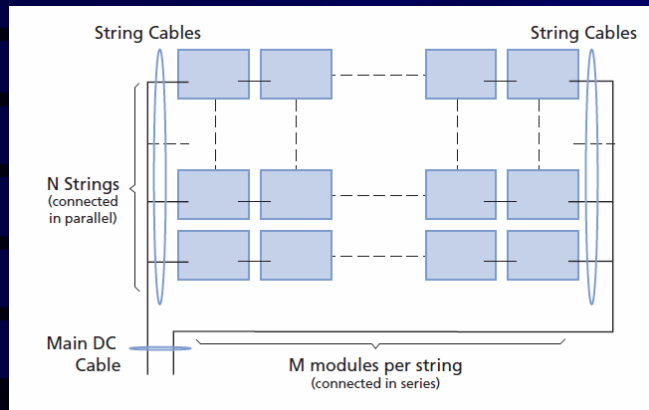
Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

47

Όνομαστική Διατομή και χρώμα	Αριθμός Παραγγελίας	Διάμετρος Αγωγού [mm]	Συνολική διάμετρος καλωδίου Min. value [mm]	Συνολική διάμετρος καλωδίου Max. value [mm]	Βάρος του καλωδίου κατά προσέγγιση [kg/km]	Ελάχιστη ακτίνα κάμψης [mm]	Μέγιστη επιτρεπτή αντοχή σε εφελκυσμό [N]	Ικανότητα φόρτισης στους [A]	Επιτρεπτό ρεύμα βραχυκύκλ. (1s) [kA]
<b>TECSUN (PV) PV1-F</b>									
1,5mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93011	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
1,5mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93012	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
1,5mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93013	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
2,5mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93012	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
2,5mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93022	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
2,5mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93023	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
4,0mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93031	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
4,0mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93032	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
4,0mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93033	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
6,0mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93041	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
6,0mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93042	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
6,0mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93043	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
10mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93051	4,0	6,8	7,2	120	21,6	150	98	1,26
16mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93061	5,5	8,3	9,0	178	36	240	132	2,01
25mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93071	6,4	10,0	10,7	273	43	375	176	3,15
35mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93081	7,5	11,1	11,8	364	47	525	218	4,41
50mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93091	9,0	12,6	13,3	500	53	750	276	6,30
70mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93101	10,8	14,4	15,2	686	61	1.050	347	8,82
95mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93111	12,6	16,2	17,0	899	68	1.425	416	12,0
120mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93121	14,3	17,7	18,7	1.131	75	1.800	488	15,1
150mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93131	15,9	19,7	20,7	1.382	83	2.250	566	18,9
185mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93141	17,5	21,3	22,3	1.669	89	2.775	644	23,3
240mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93151	20,5	24,2	25,5	2.208	102	3.600	775	30,4



## String Cables



a. Array with no string fuses (of three or fewer strings only)

Voltage:  $V_{oc} (stc) \times M \times 1.15$   
 Current:  $I_{sc} (stc) \times (N-1) \times 1.25$

b. Array with string fuses

Voltage:  $V_{oc} (stc) \times M \times 1.15$   
 Current:  $I_{sc} (stc) \times 1.25$

## Main DC Cable

For a system of N parallel connected strings, with each formed of M series connected modules, DC main cables to be rated as a minimum at:  
 Voltage:  $V_{oc} (stc) \times M \times 1.15$   
 Current:  $I_{sc} (stc) \times N \times 1.25$

## String Fuses

- The string fuse must be rated for DC operation at the fault energies present
- The string fuse must be rated for operation at  $V_{oc} (stc) \times M \times 1.15$
- The string fuse must have a tripping current which is less than  $2 \times I_{sc} (stc)$  and the string cable current carrying capability, whichever is the lower value.

## Πώς δημιουργείται ανάστροφο ρεύμα;

Ανάστροφο ρεύμα μπορεί να δημιουργηθεί λόγω βραχυκυκλώματος σε μία ή περισσότερες φωτοβολταϊκές μονάδες μιας στοιχειοσειράς της φωτοβολταϊκής γεννήτριας (π.χ. λόγω βλάβης στη μόνωση, βραχυκυκλώματος στη μονάδα, βραχυκυκλώματος στην καλωδίωση DC). Σε ακραίες περιπτώσεις, το σύνολο των ρευμάτων βραχυκύκλωσης όλων των στοιχειοσειρών που λειτουργούν κανονικά ρέει στη στοιχειοσειρά που παρουσιάζει βλάβη αντί να ρέει στον κεντρικό μετατροπέα Sunny Mini Central. Το ρεύμα που ρέει μέσα από τη στοιχειοσειρά που τελεί υπό βλάβη ονομάζεται „ανάστροφο“ και μπορεί να καταστρέψει και άλλες μονάδες της ίδιας στοιχειοσειράς (επακόλουθες ζημιές) ή να οδηγήσει σε υπερθέρμανση των μονάδων.

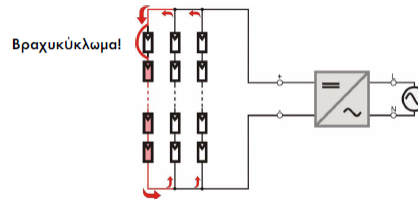
Ανάστροφο ρεύμα της στοιχειοσειράς με βλάβη = Άθροισμα ρευμάτων λοιπών στοιχειοσειρών

a. Array with no string fuses (of three or fewer strings only)

Voltage:  $V_{oc} (stc) \times M \times 1.15$   
Current:  $I_{sc} (stc) \times (N-1) \times 1.25$

b. Array with string fuses

Voltage:  $V_{oc} (stc) \times M \times 1.15$   
Current:  $I_{sc} (stc) \times 1.25$



### 1. Υπολογίστε το μέγιστο δυνατό ανάστροφο ρεύμα της εγκατάστασης

Το μέγιστο δυνατό ανάστροφο ρεύμα υπολογίζεται ως εξής:

Ρεύμα βραχυκύκλωσης της χρησιμοποιούμενης μονάδας x (αριθμός των συνδεδεμένων στοιχειοσειρών - 1).

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Κ2  
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά) Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος Φορτιζόμενων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν		Μονοπολικά καλώδια							
		Πολυπολικά καλώδια	Σε απόψη μεταξύ τους			Σε απόσταση μεταξύ τους					
			Διάταξη οριζόντια ή κατακόρυφη	Διάταξη οριζόντια	Διάταξη τριγωνική	Διάταξη οριζόντια	Διάταξη οριζόντια	Διάταξη κατακόρυφη			
PVC	2	2	5	-	-	-	-	-	-		
	3	1	4	4	7	5	-	-	-		
	2	3	8	-	-	-	-	-	-		
EPR ή XLPE	2	3	8	-	-	-	-	-	-		
	3	2	7	6	9	8	-	-	-		
Χαλκός	mm <sup>2</sup>	Στήλες									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Χαλκός	1.5	18	5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2.5	25	30	36	-	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-	-
	16	90	94	115	-	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182	
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226	
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275	
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353	
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430	
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500	
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577	
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661	
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781	
	300	497	593	741	561	629	703	709	783	902	
400	-	-	-	656	754	823	852	940	1085		
500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253		
630	-	-	-	855	1005	1088	1138	1254	1454		
Αλουμίνιο	16	61	73	91	-	-	-	-	-	-	
	25	78	89	108	84	98	103	107	121	138	
	35	96	111	135	105	122	129	135	150	172	
	50	117	135	164	128	149	159	165	184	210	
	70	150	173	211	166	192	206	215	237	271	
	95	183	210	257	203	235	253	264	289	332	
	120	212	244	300	237	273	296	308	337	387	
	150	245	282	346	274	316	343	356	389	448	
	185	280	322	397	315	363	395	407	447	515	
	240	330	380	470	375	430	471	482	530	611	
	300	381	439	543	434	497	547	557	613	708	
	400	-	-	-	526	600	653	671	740	856	
	500	-	-	-	610	694	770	775	856	991	
	630	-	-	-	711	808	899	900	996	1154	

## Σχεδιασμός φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

- Καθορισμός ισχύος – Σύνδεση με το δίκτυο
- Επιλογή θέσης
- Απόσταση strings για αποφυγή σκιάσεων - Trackers
- Επιλογή κυψελών
- Επιλογή inverter (αριθμός inverter, τοπικός – κεντρικός)
- Βέλτιστος αριθμός Panels ανά string
- Καλώδια DC – AC, προστασία DC – AC, έλεγχος Tracker, οδεύσεις
- Σύνδεση στο δίκτυο – Αυτοκαταναλώσεις
- Γείωση – Αντικεραυνική προστασία
- Επικοινωνίες

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

53

## Ηλεκτρικός Σχεδιασμός φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

### String inverter

- DC Καλώδιο string ( $I_{sc}$ , θερμοκρασια, γεινίαση, πτώση τάσης)
- DC Προστασία string ( $I$ ,  $V$ )
- AC καλώδιο inverter
- AC προστασία inverter
- AC κεντρική προστασία
- AC καλώδιο παροχής

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

54

## Ηλεκτρικός Σχεδιασμός φωτοβολταϊκής εγκατάστασης

### Κεντρικοί inverter

- DC Καλώδιο string ( $I_{sc}$ , θερμοκρασια, γειτνίαση, πτώση τάσης)
- DC Προστασία string ( $I$ ,  $V$ )
- DC προστασία string monitor
- DC καλώδιο string monitor
- AC καλώδιο inverter
- AC προστασία inverter
- AC κεντρική προστασία
- AC καλώδιο παροχής

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

55



### String monitor

- Δυνατότητα σύνδεσης έως 16 στοιχειοσειρών
- Μια ασφάλεια ανά δύο εισόδους (8 ασφάλειες συνολικά)
  - Ξεχωριστή ασφάλεια για κάθε πόλο.
  - Δυνατότητα επιλογής μονής ασφάλειας (είτε στο + είτε στο -) για γειωμένα Φ/Β συστήματα
  - Δυνατότητα επιλογής ασφάλειας (10-12-16-20A). Για τον υπολογισμό της ασφάλειας θα πρέπει να υπολογίσουμε το ρεύμα της στοιχειοσειράς με συντελεστή 0,7. Δηλ. Εάν έχουμε επιλέξει ασφάλεια 20A το μέγιστο ρεύμα θα πρέπει να είναι  $20A \times 0,7 = 14A$
  - Μπορούμε να συνδέσουμε 1 ή 2 Φ/Β στοιχειοσειρές ανάλογα με το MPP ρεύμα του πάνελ.
    - Ρεύμα Φ/Β πάνελ > 7A - 1 στοιχειοσειρά ανά ασφάλεια – 8 στοιχειοσειρές ανά κουτί σύνδεσης
    - Ρεύμα Φ/Β πάνελ < 7A - 2 στοιχειοσειρά ανά ασφάλεια – 16 στοιχειοσειρές ανά κουτί σύνδεσης
    - Η διπλή σύνδεση είναι δυνατή μόνο όταν τα Φ/Β πάνελ μπορούν να αντέξουν ανάστροφο ρεύμα.
- Σύνδεση στην έξοδο με καλώδιο έως 120 mm<sup>2</sup>
- Δυνατότητα επιλογής ακροδεκτών MC3, MC4, Tyco ή βιδωτή σύνδεση

## Παραδείγματα

Ισχύς  
πάρκου:  
5 kW<sub>p</sub>  
Επιλογή BP  
3220N  
Inverter  
SMA  
2500HF-30

	BP 3210N	BP 3220N	BP 3230N
Tolerance		±3%	
Module efficiency	12.6%	13.2%	13.8%
Efficiency reduction @ 200W/m <sup>2</sup>		< 5% reduction	
	12%	12.5%	13.1%
Values @ 1000W/m <sup>2</sup> (STC*)			
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	210W	220W	230W
Voltage at P <sub>max</sub> (V <sub>mpo</sub> )	28.9V	29.0V	29.2V
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>mpo</sub> )	7.3A	7.6A	7.9A
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	8.2A	8.4A	8.7A
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	36.1V	36.2V	36.4V
Values @ 800W/m <sup>2</sup> (NOCT**)			
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	151.2W	158.4W	165.6W
Voltage at P <sub>max</sub> (V <sub>mpo</sub> )	25.7V	25.8V	26.0V
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>mpo</sub> )	5.8A	6.1A	6.3A
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	6.6A	6.8A	7.0A
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	32.9V	32.9V	33.1V
Limiting reverse current	8.2A	8.4A	8.7A

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

57

Technical Abbreviation	SB 1200 / SB 1700	SB 2100L	SB 2000HF-30	SB 2500HF-30	SB 2500 / SB 3000
<b>Input (DC)</b>					
Max. DC power	1320 W / 1850 W	2200 W	2100 W	2650 W	2700 W / 3200 W
Max. DC voltage	400 V	600 V	700 V	700 V	600 V
PV voltage range, MPPT (at nominal power output)	100 V - 320 V / 139 V - 320 V	200 V - 480 V	175 V - 560 V	175 V - 560 V	224 V - 480 V / 268 V - 480 V
Max. input current	12.6 A	11 A	12 A	15 A	12 A
Number of MPPT trackers	1	1	1	1	1
Max. number of strings (parallel)	2	2	2	2	3
<b>Output (AC)</b>					
Nominal AC output	1200 W / 1550 W	1950 W	2000 W	2500 W	2300 W / 2750 W
Max. AC power	1200 W / 1700 W	2100 W	2000 W	2500 W	2500 W / 3000 W
Max. output current	6.1 A / 8.6 A	11 A	11.4 A	14.2 A	12.5 A / 15 A
Nominal AC voltage	220 V - 240 V	220 V - 240 V	220 V - 240 V	220 V - 240 V	220 V - 240 V
AC Grid frequency	50 Hz / 60 Hz	50 Hz	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz	50 Hz / 60 Hz
Power factor (cos φ)	1	1	1	1	1
AC connection	single phase	single phase	single phase	single phase	single phase

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

58

Επιλέγω 2 μετατροπείς μονοφασικούς.

Μέγιστη ισχύς εγκατάστασης  $2 \times 2650 \text{ W} = 5300 \text{ W}$

### Inverter

Μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος: **700V**

Ελάχιστη τάση MPP: **175 V**

Μέγιστο DC ρεύμα εισόδου στον inverter: **15 A**

### Στοιχείο

Τάση ανοικτού κυκλώματος: **36.2 V, 25 °C**

Τάση MPP: **29 V, 25 °C, -0.133V/1 °C**

Ρεύμα βραχυκύκλωσης: **8.4 A**

### Κανόνες Λειτουργίας

- +70 °C: Τάση-MPP > min. Τάση εισόδου του Inverter
- -10 °C: Τάση ανοικτού κυκλώματος < max. Τάση εισόδου του inverter
- Ο λόγος ισχύος να είναι 80 ... 110 % Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες  
(Λόγος ισχύος : Ισχύς εισόδου μετατροπέα / Μέγιστη ισχύ Φ/Β)

### Επιλέγω 8 στοιχεία σε σειρά

Τάση MPP

25 °C,  $8 \times 29 \text{ V} = 232 \text{ V} > 175 \text{ V}$

70 °C,  $8 \times (29 - (45 \times -0.133)) \text{ V} = 184.12 \text{ V} > 175 \text{ V}$

Εάν επέλεγα **7** στοιχεία τότε η τάση MPP στους 70 °C θα ήταν **161.1 V < 175 V**

### Επιλέγω 17 στοιχεία σε σειρά

Τάση Voc

25 °C,  $17 \times 36.2 \text{ V} = 615.4 \text{ V} < 700 \text{ V}$

-10 °C,  $17 \times (36.2 + (35 \times -0.133)) \text{ V} = 694.5 \text{ V} < 700 \text{ V}$

Εάν επέλεγα **18** στοιχεία τότε η τάση Voc στους -10 °C θα ήταν **735.4 V > 700 V**

Άρα ο ελάχιστος αριθμός πάνελ ανά string είναι 8 και ο μέγιστος 17

Ρεύμα βραχυκύκλωσης

Ο Inverter δέχεται μέγιστο DC ρεύμα 15 A και έχει 2 εισόδους

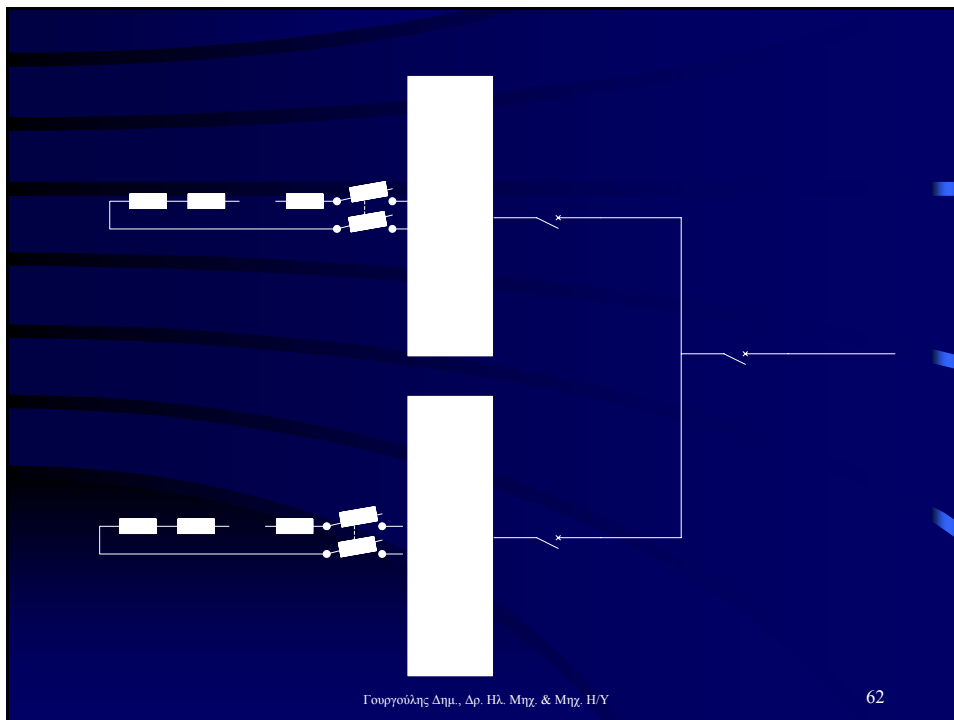
Το  $I_{sc}$  του πάνελ είναι 8.4 A άρα ο μέγιστος αριθμός strings στον κάθε inverter είναι  $1 \times 8.4 = 8.4 A < 15 A$

**Αν 2 inverter x 1 strings x 13 panel = 26 panel**

$26 \text{ panel} \times 220 \text{ W} = 5720 \text{ W} > 5300 \text{ W}$ ,

Βαθμός απόδοσης του πάρκου  $5720/5300 = 108 \%$

**Τελικά επιλέγω 13 panel / string**



Κάθε string το ασφαλίζω τόσο στο θετικό όσο και στον αρνητικό πόλο με ασφαλειοδιακόπτη

$$I = 1.25 \times I_{sc} = 1.25 \times 8.4 = 10.5 \text{ A}$$

Η τάση λειτουργίας του ασφαλειοδιακόπτη θα είναι  $13 \times 1.15 \times U_{oc} = 13 \times 1.15 \times 36.5 = 545.7 \text{ V}$

Αρά το string ασφαλίζεται με ασφαλειοδιακόπτη 12 A, 600 V DC.

Το καλώδιο κάθε string προσδιορίζεται από το  $I_{sc}$  με προσαύξηση 25%, και το θερμοκρασιακό συντελεστή 0.71 (50 °C)

$$\text{Άρα } I_{\text{καλωδίου}} = (1.25 \times 8.4) / (0.71) = 14.8 \text{ A}$$

Από τον πίνακα των καλωδίων προκύπτει διατομή 1.5 mm<sup>2</sup>.

Θα πρέπει να ελεγχθεί η διατομή για πτώση τάση 1% (1% της ελάχιστης τάσης λειτουργίας  $U_{mpv} = 29 \times 13 = 377 \text{ V}$ ) δηλαδή 3.77 V.

$$\Delta U = 2 * \rho * \frac{l}{S} * I * 1.25$$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

63

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Δ1  
Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C  
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στους Πίνακες 52-Κ1, και 52-Κ2

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

64



Όνομαστική Διατομή και χρώμα	Αριθμός Παραγγελλίας	Διάμετρος Αγωγού [mm]	Συνολική διάμετρος καλωδίου Min. value [mm]	Συνολική διάμετρος καλωδίου Max. value [mm]	Βάρος του καλωδίου κατά προσέγγιση [kg/km]	Ελάχιστη ακτίνα κάμψης [mm]	Μέγιστη επιτρεπτή αντοχή σε εφελκυσμό [N]	Ικανότητα φόρτισης στους [A]	Επιτρεπτό ρεύμα βραχυκύκλ. (1s) [kA]
<b>TECSUN (PV) PV1-F</b>									
1,5mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93011	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
1,5mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93012	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
1,5mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93013	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
2,5mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93012	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
2,5mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93022	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
2,5mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93023	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
4,0mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93031	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
4,0mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93032	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
4,0mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93033	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
6,0mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93041	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
6,0mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93042	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
6,0mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93043	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
10mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93051	4,0	6,8	7,2	120	21,6	150	98	1,26
16mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93061	5,5	8,3	9,0	178	36	240	132	2,01
25mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93071	6,4	10,0	10,7	273	43	375	176	3,15
35mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93081	7,5	11,1	11,8	364	47	525	218	4,41
50mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93091	9,0	12,6	13,3	500	53	750	276	6,30
70mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93101	10,8	14,4	15,2	686	61	1.050	347	8,82
95mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93111	12,6	16,2	17,0	899	68	1.425	416	12,0
120mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93121	14,3	17,7	18,7	1.131	75	1.800	488	15,1
150mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93131	15,9	19,7	20,7	1.382	83	2.250	566	18,9
185mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93141	17,5	21,3	22,3	1.669	89	2.775	644	23,3
240mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93151	20,5	24,2	25,5	2.208	102	3.600	775	30,4

$$\Delta U = 2 * \rho * \frac{l}{S} * I * 1.25$$

Για  $l = 20 \text{ m}$ ,  $I = 8.4 \text{ A}$ ,  $S = 1.5 \text{ mm}^2$  τότε  $\Delta U = 5.04 \text{ V} > 3.77 \text{ V}$ .

Ελέγχο για τα  $2.5 \text{ mm}^2$ ,  $\Delta U = 3.024 \text{ V} < 3.77 \text{ V}$

**άρα διατομή string  $2 \times 1 \times 2.5 \text{ mm}^2$**

Ο Inverter από την πλευρά του AC ασφαλίζεται με βάση τον ονομαστικό ρεύμα εξόδου,  $14.2 \text{ A}$  άρα

**ο μικροαυτόματος από την πλευρά του AC =  $16 \text{ A}$**

Το καλώδιο κάθε inverter προσδιορίζεται από το Ιον, το θερμοκρασιακό συντελεστή  $0.71$ , και τον συντελεστή γειννίασης (2 inverter,  $0.80$ )

Άρα Ικαλωδίου =  $12.5 / (0.71 \times 0.80) = 23 \text{ A}$

Από τον πίνακα των καλωδίων AC (στον αέρα, πολυπολικά, 2 φορτισμένοι αγωγοί, στήλη 2) προκύπτει διατομή ελάχιστη  $2.5 \text{ mm}^2$ .

Θα πρέπει να ελεγχθεί η διατομή για πτώση τάση  $1\%$  ( $1\%$  των  $230 \text{ V}$ ) δηλαδή  $2.3 \text{ V}$ .

α/α	Τρόπος τοποθέτησης μονωμένων αγωγών ή καλωδίων	Πλήθος κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	– Ελεύθερα στον αέρα ή – πάνω στην επιφάνεια δομικού υλικού ή – επιτοίχια γυμνά ή σε σωλήνα ή – εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Σε απλή στρώση, σε επαφή με τοίχο ή με δάπεδο ή πάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
3	Σε απλή στρώση, στερεωμένη απευθείας κάτω από οροφή	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

67

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Κ2  
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά)  
Μόνωση από PVC ή ΕΡΡ ή ΧΛΡΕ

Μόνωση	Πλήθος Φορτισμών n αγωγών	Πολυπολικά καλώδια	Μονοπολικά καλώδια							
			Σε επαφή μεταξύ τους			Σε απόσταση μεταξύ τους				
			Διάταξη επίπεδη οριζόντια ή κατακόρυφη	Διάταξη τριγωνική	Διάταξη επίπεδη οριζόντια	Διάταξη επίπεδη κατακόρυφη				
PVC	2	2	5	-	-	-	-			
	3	1	4	4	7	5	-			
	2	3	8	-	-	-	-			
ΕΡΡ ή ΧΛΡΕ	2	2	7	6	9	8	-			
	3	2	7	6	9	8	-			
Χαλκός	Στήλες									
	mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1,5	18,5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2,5	25	30	36	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-
	16	90	94	115	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781
	300	497	593	741	561	629	703	709	783	902
	400	-	-	-	656	754	823	852	940	1085
	500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253
630	-	-	-	855	1005	1088	1138	1254	1454	
Αλουμίνιο	16	61	73	91	-	-	-	-	-	-
	25	78	89	108	84	98	103	107	121	138
	35	96	111	135	105	122	129	135	150	172
	50	117	135	164	128	149	159	165	184	210
	70	150	173	211	166	192	206	215	237	271
	95	183	210	257	203	235	253	264	289	332
	120	212	244	300	237	273	296	308	337	387
	150	245	282	346	274	316	343	356	389	448
	185	280	322	397	315	363	395	407	447	515
	240	330	380	470	375	430	471	482	530	611
	300	381	439	543	434	497	547	557	613	708
	400	-	-	-	526	600	653	671	740	856
	500	-	-	-	610	694	770	775	856	991
630	-	-	-	711	808	899	900	996	1154	

68

$$\Delta U = 2 * \rho * \frac{l}{S} * I$$

Για  $l = 20 \text{ m}$ ,  $I = 12,5 \text{ A}$ ,  $S = 2,5 \text{ mm}^2$  τότε  $\Delta U = 3,6 \text{ V} > 2,3 \text{ V}$ .

Πηγαίνω σε μεγαλύτερη διατομή  $S = 4 \text{ mm}^2$ ,  $\Delta U = 2,25 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$

**άρα διατομή inverter 3 x 4 mm<sup>2</sup>**

Τους δύο Inverters ( $P_{\text{ολ}} = 5,0 \text{ kW}$ ,  $\cos\phi = 1$ ) τους συνδέουμε σε ένα μονοφασικό σύστημα με μικροαυτόματο από την πλευρά του μονοφασικού του AC με βάση τον ονομαστικό ρεύμα εξόδου,  $5 \text{ kW} / (230 \text{ V}) = 21 \text{ A}$  άρα

**ο μικροαυτόματος από την πλευρά του μονοφασικού AC = 25 A**

Το παροχικό καλώδιο της εγκατάστασης προσδιορίζεται από το Ιον (21 A), το θερμοκρασιακό συντελεστή 0.87 (40 °C)

Άρα  $I_{\text{καλωδίου}} = 21 / (0,87) = 24,1 \text{ A}$

Από τον πίνακα των καλωδίων (στον αέρα, πολυπολικά, 2 φορτισμένοι αγωγοί, στήλη 2) προκύπτει ελάχιστη διατομή  $2,5 \text{ mm}^2$ .

Θα πρέπει να ελεγχθεί η διατομή για πτώση τάση 1% (1% των 230 V) δηλαδή 2,3 V.

$$\Delta U = 2 * \rho * \frac{l}{S} * I$$

Για  $l = 20 \text{ m}$ ,  $I = 21 \text{ A}$ ,  $S = 2,5 \text{ mm}^2$  τότε  $\Delta U = 6,05 \text{ V} > 2,3 \text{ V}$ .

Πηγαίνω σε μεγαλύτερη διατομή  $S = 4 \text{ mm}^2$ ,  $\Delta U = 3,78 \text{ V} > 2,3 \text{ V}$

Πηγαίνω σε μεγαλύτερη διατομή  $S = 6 \text{ mm}^2$ ,  $\Delta U = 2,52 \text{ V} > 2,3 \text{ V}$

Πηγαίνω σε μεγαλύτερη διατομή  $S = 10 \text{ mm}^2$ ,  $\Delta U = 1,51 \text{ V} < 2,3 \text{ V}$

**άρα διατομή παροχικού καλωδίου 3 x 10 mm<sup>2</sup>**

## Παραδείγματα

Ισχύς  
πάρκου:  
100 kWp  
Επιλογή BP  
3220N  
Inverter  
SMA  
10000TL

	BP 3210N	BP 3220N	BP 3230N
Tolerance	±3%		
Module efficiency	12.6%	13.2%	13.8%
Efficiency reduction @ 200W/m <sup>2</sup>	< 5% reduction		
	12%	12.5%	13.1%
Values @ 1000W/m <sup>2</sup> (STC*)			
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	210W	220W	230W
Voltage at P <sub>max</sub> (V <sub>mpo</sub> )	28.9V	29.0V	29.2V
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>mpo</sub> )	7.3A	7.6A	7.9A
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	8.2A	8.4A	8.7A
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	36.1V	36.2V	36.4V
Values @ 800W/m <sup>2</sup> (NOCT**)			
Maximum Power (P <sub>max</sub> )	151.2W	158.4W	165.6W
Voltage at P <sub>max</sub> (V <sub>mpo</sub> )	25.7V	25.8V	26.0V
Current at P <sub>max</sub> (I <sub>mpo</sub> )	5.8A	6.1A	6.3A
Short circuit current (I <sub>sc</sub> )	6.6A	6.8A	7.0A
Open circuit voltage (V <sub>oc</sub> )	32.9V	32.9V	33.1V
Limiting reverse current	8.2A	8.4A	8.7A

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

71

	SMC 9000TL-10	SMC 10000TL-10	SMC 11000TL-10
<b>Είσοδος (DC)</b>			
Μέγιστη ισχύς DC	9300 W	10350 W	11400 W
Μέγιστη τάση DC	700 V	700 V	700 V
Εύρος φωτοβολταϊκής τάσης, MPPT	333 V - 500 V	333 V - 500 V	333 V - 500 V
Μέγιστο ρεύμα εισόδου	28 A	31 A	34 A
Αριθμός ανιχνευτών MPP	1	1	1
Μέγιστος αριθμός στοιχειοσειρών (παράλληλα)	5	5	5
<b>Εξόδος (AC)</b>			
Ονομαστική ισχύς AC / μέγ. ισχύς AC	9000 W / 9000 W	10000 W / 10000 W	11000 W / 11000 W
Μέγιστο ρεύμα εξόδου	40 A	44 A	48 A
Ονομαστική τάση / εύρος AC	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	220 V - 240 V / 180 V - 260 V	220 V - 240 V / 180 V - 260 V
Συχνότητα δικτύου (αυτορυθμιζόμενη) / εύρος AC	50 Hz / 60 Hz / ± 4,5 Hz	50 Hz / 60 Hz / ± 4,5 Hz	50 Hz / 60 Hz / ± 4,5 Hz
Συντελεστής ισχύος (cos φ)	1	1	1
Σύνδεση AC / Power Balancing	μονοφασική / ●	μονοφασική / ●	μονοφασική / ●
<b>Βαθμός απόδοσης</b>			
Μέγιστος βαθμός απόδοσης / Euro-Eta	98,0 % / 97,6 %	98,0 % / 97,5 %	98,0 % / 97,5 %
<b>Διατάξεις προστασίας</b>			
Προστασία από αντιστροφή πόλων DC	●	●	●
Ηλεκτρονικός διακόπτης απόξυσης φορτίου DC ESS	●	●	●
Αντοχή σε βραχυκύκλωμα AC	●	●	●
Επιτήρηση βραχυκύκλωματος προς γη	●	●	●
Επιτηρούμενες ασφάλειες στοιχειοσειρών	○	○	○
Επιτήρηση δικτύου (SMA grid guard)	●	●	●
Μονάδα επιτήρησης ρεύματος σφάλματος ευαίσθητη σε όλα τα ρεύματα	●	●	●

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

72

Επιλέγω 9 μετατροπείς για δημιουργία τριφασικού συστήματος 3/φάση.

Μέγιστη ισχύς εγκατάστασης  $9 \times 10350 \text{ W} = 93150 \text{ W}$

Πάντα οι μετατροπείς θα αποδίδουν μικρότερη ισχύ από τις κυψέλες.

### Inverter

Μέγιστη τάση ανοικτού κυκλώματος: 700V

Ελάχιστη τάση MPP: 333 V

Μέγιστο DC ρεύμα εισόδου στον inverter: 31 A

### Στοιχείο

Τάση ανοικτού κυκλώματος: 36.2 V, 25 °C

Τάση MPP: 29 V, 25 °C, -0.133V/1 °C

Ρεύμα βραχυκύκλωσης: 8.4 A

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

73

### Κανόνες Λειτουργίας

- +70 °C: Τάση-MPP > min. Τάση εισόδου του Inverter
- -10 °C: Τάση ανοικτού κυκλώματος < max. Τάση εισόδου του inverter
- Ο λόγος ισχύος να είναι 80 ... 110 % Ανάλογα με τις τοπικές συνθήκες  
(Λόγος ισχύος : Ισχύς εισόδου μετατροπέα / Μέγιστη ισχύ Φ/Β)

### Επιλέγω 15 στοιχεία σε σειρά

Τάση MPP

25 °C,  $15 \times 29 \text{ V} = 435 \text{ V} > 433 \text{ V}$

70 °C,  $15 \times (29 - (45 \times -0.133)) \text{ V} = 345 \text{ V} > 333 \text{ V}$

Εάν επέλεγα 14 στοιχεία τότε η τάση MPP στους 70 °C θα ήταν **322 V < 333 V**

### Επιλέγω 17 στοιχεία σε σειρά

Τάση Voc

25 °C,  $17 \times 36.2 \text{ V} = 612.4 \text{ V} < 700 \text{ V}$

-10 °C,  $17 \times (36.2 + (35 \times -0.133)) \text{ V} = 694.5 \text{ V} < 700 \text{ V}$

Εάν επέλεγα 18 στοιχεία τότε η τάση Voc στους -10 °C θα ήταν **735.4 V > 700 V**

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

74

Άρα ο ελάχιστος αριθμός πάνελ ανά string είναι 15 και ο μέγιστος 17

Ρεύμα βραχυκύκλωσης

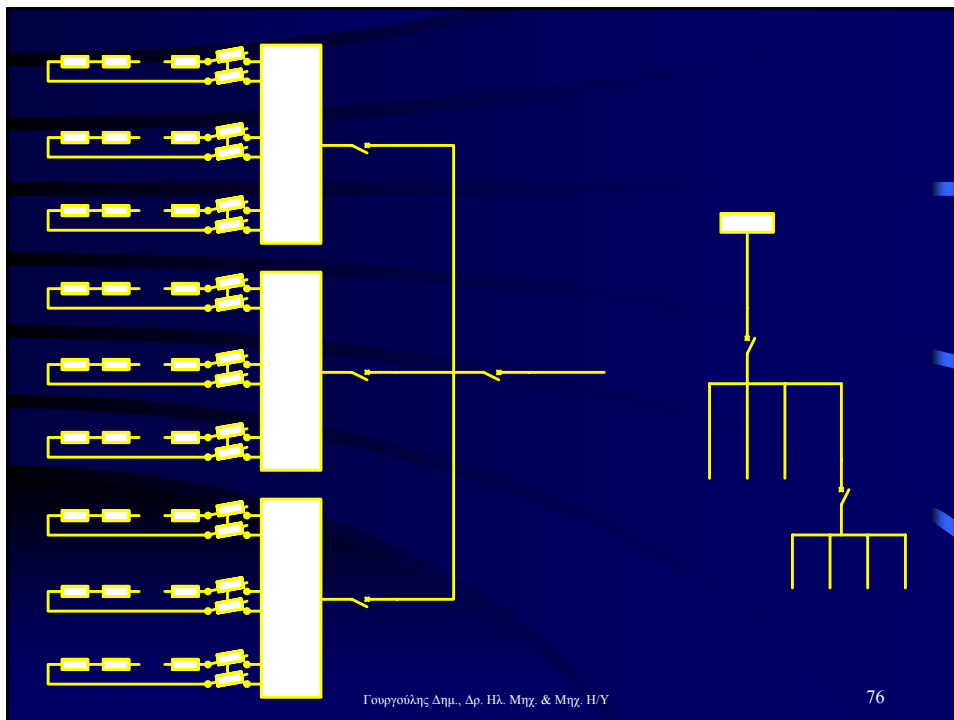
Ο Inverter δέχεται μέγιστο DC ρεύμα 31 A και έχει 5 εισόδους

Το  $I_{sc}$  του πάνελ είναι 8.4 A άρα ο μέγιστος αριθμός strings στον κάθε inverter είναι  $3 \times 8.4 = 25.2 \text{ A} < 31 \text{ A}$

**Άρα 9 inverter x 3 strings x 17 panel = 459 panel**

$459 \text{ panel} \times 220 \text{ W} = 100980 \text{ W} > 93150 \text{ W}$

Βαθμός απόδοσης του πάρκου  $100980/93150 = 108 \%$



Κάθε string το ασφαλίζω τόσο στο θετικό όσο και στον αρνητικό πόλο με ασφαλειοδιακόπτη

$$I = 1.25 \times I_{sc} = 1.25 \times 8.4 = 10.5 \text{ A}$$

Η τάση λειτουργίας του ασφαλειοδιακόπτη θα είναι  $17 \times 1.15 \times U_{oc} = 15 \times 1.15 \times 36.5 = 713.5 \text{ V}$

Αρά το string ασφαλίζεται με ασφαλειοδιακόπτη 12 A, 1000 V DC.

Το καλώδιο κάθε string προσδιορίζεται από το  $I_{sc}$  με προσαύξηση 25%, το θερμοκρασιακό συντελεστή 0.71, και τον συντελεστή γειννίασης (3 string σε κάθε inverter, 0.70)

$$\text{Άρα } I_{\text{καλωδίου}} = (1.25 \times 8.4) / (0.71 \times 0.70) = 21.12 \text{ A}$$

Από τον πίνακα των καλωδίων προκύπτει διατομή 1.5 mm<sup>2</sup>.

Θα πρέπει να ελεγχθεί η διατομή για πτώση τάση 1% (1% της ελάχιστης τάσης λειτουργίας  $U_{mpv} = 29 \times 17 = 493 \text{ V}$ ) δηλαδή 4,93 V.

$$\Delta U = 2 * \rho * \frac{l}{S} * I * 1.25$$

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

77

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Δ1  
Συντελεστές διόρθωσης για θερμοκρασία περιβάλλοντος διαφορετική των 30°C  
Εφαρμόζονται για τη διόρθωση των τιμών του μέγιστου επιτρεπόμενου ρεύματος που δίνονται στους Πίνακες 52-Κ1, και 52-Κ2

Θερμοκρασία Περιβάλλοντος °C	Μόνωση	
	PVC	EPR ή XLPE
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	-	0,65
70	-	0,58
75	-	0,50
80	-	0,41

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

78

α/α	Τρόπος τοποθέτησης μονωμένων αγωγών ή καλωδίων	Πλάτος κυκλωμάτων ή πολυπολικών καλωδίων											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	12	16	20
1	- Ελεύθερα στον αέρα ή - πάνω στην επιφάνεια δομικού υλικού ή - επιτοίχια γυμνά ή σε σωλήνα ή - εντοιχισμένα γυμνά ή σε σωλήνα	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38
2	Σε απλή στρώση, σε επαφή με τοίχο ή με δάπεδο ή πάνω σε συμπαγή φορέα καλωδίων	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,71	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
3	Σε απλή στρώση, στερεωμένη απευθείας κάτω από οροφή	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,61	0,61

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

79

Όνομαστική Διατομή και χρώμα	Αριθμός Παραγγελίας	Διάμετρος Αγωγού [mm]	Συνολική διάμετρος καλωδίου Min. value [mm]	Συνολική διάμετρος καλωδίου Max. value [mm]	Βάρος του καλωδίου κατά προσέγγιση [kg/km]	Ελάχιστη ακτίνα κάμψης [mm]	Μέγιστη επιτρεπτή αντοχή σε εφελκυσμό [N]	Ικανότητα φόρτισης στους [A]	Επιτρεπτό ρεύμα βραχυκύκλ. (1s) [kA]
<b>TECSUN (PV) PV1-F</b>									
1,5mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93011	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
1,5mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93012	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
1,5mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93013	1,6	4,4	4,8	29	14,4	23	29	0,19
2,5mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93012	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
2,5mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93022	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
2,5mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93023	1,9	4,7	5,1	43	15,3	38	41	0,32
4,0mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93031	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
4,0mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93032	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
4,0mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93033	2,4	5,2	5,6	58	16,8	60	55	0,50
6,0mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93041	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
6,0mm <sup>2</sup> μπλε	5DH93042	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
6,0mm <sup>2</sup> κόκκινο	5DH93043	2,9	5,7	6,1	76	18,3	90	70	0,76
10mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93051	4,0	6,8	7,2	120	21,6	150	98	1,26
16mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93061	5,5	8,3	9,0	178	36	240	132	2,01
25mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93071	6,4	10,0	10,7	273	43	375	176	3,15
35mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93081	7,5	11,1	11,8	364	47	525	218	4,41
50mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93091	9,0	12,6	13,3	500	53	750	276	6,30
70mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93101	10,8	14,4	15,2	686	61	1.050	347	8,82
95mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93111	12,6	16,2	17,0	899	68	1.425	416	12,0
120mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93121	14,3	17,7	18,7	1.131	75	1.800	488	15,1
150mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93131	15,9	19,7	20,7	1.382	83	2.250	566	18,9
185mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93141	17,5	21,3	22,3	1.669	89	2.775	644	23,3
240mm <sup>2</sup> μαύρο	5DH93151	20,5	24,2	25,5	2.208	102	3.600	775	30,4



$$\Delta U = 2 * \rho * \frac{l}{S} * I * 1.25$$

Για  $l = 20 \text{ m}$ ,  $I = 8.4 \text{ A}$ ,  $S = 1.5 \text{ mm}^2$  τότε  $\Delta U = 5.04 \text{ V} > 4.93 \text{ V}$ .

Ελέγχω για τα  $2.5 \text{ mm}^2$ ,  $\Delta U = 3.024 \text{ V} < 4.93 \text{ V}$

**Άρα διατομή string  $2 \times 1 \times 2.5 \text{ mm}^2$**

Ο Inverter από την πλευρά του AC ασφαλίζεται με βάση τον ονομαστικό ρεύμα εξόδου, 44 A άρα

**ο μικροαντόματος από την πλευρά του AC = 50 A**

Το καλώδιο κάθε inverter προσδιορίζεται από το Ιον, το θερμοκρασιακό συντελεστή 0.71, και τον συντελεστή γειτνίασης (3 inverter, 0.70)

Άρα Ικαλωδίου =  $44 / (0.71 \times 0.70) = 88.53 \text{ A}$

Από τον πίνακα των καλωδίων AC (στον αέρα, πολυπολικά, 2 φορτισμένοι αγωγοί, στήλη 2) προκύπτει διατομή  $16 \text{ mm}^2$ .

Θα πρέπει να ελεγχθεί η διατομή για πτώση τάση 1% (1% των 230 V) δηλαδή 2.3 V.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

81

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Κ2  
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε A) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά)  
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος Φορτισμένων αγωγών	Οι αριθμοί παραπέμπουν στις στήλες που ακολουθούν								
		Πολυπολικά καλώδια	Μονοπολικά καλώδια							
			Σε απόσταση μεταξύ τους			Σε απόσταση μεταξύ τους				
		Διάσταση οριζόντια ή κατακόρυφη	Διάσταση οριζόντια	Διάσταση τριγωνική	Διάσταση οριζόντια	Διάσταση οριζόντια	Διάσταση οριζόντια	Διάσταση οριζόντια	Διάσταση οριζόντια	Διάσταση οριζόντια
PVC	2	2	5	-	-	-	-	-	-	-
	3	1	4	4	4	7	5	-	-	-
	EPR ή XLPE	2	3	8	-	-	-	-	-	-
	3	2	7	6	9	8	-	-	-	-
		Στήλες								
Χαλκός	mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1.5	18.5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2.5	25	30	36	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-
	16	90	94	115	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781
	300	497	593	741	561	629	703	709	783	902
400	-	-	-	656	754	823	852	940	1085	
500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253	
630	-	-	-	855	1005	1088	1138	1254	1454	
Αλουμίνιο	16	61	73	91	-	-	-	-	-	-
	25	78	89	108	84	98	103	107	121	138
	35	96	111	135	105	122	129	135	150	172
	50	117	135	164	128	149	159	165	184	210
	70	150	173	211	166	192	206	215	237	271
	95	183	210	257	203	235	253	264	289	332
	120	212	244	300	237	273	296	308	337	387
	150	245	282	346	274	316	343	356	389	448
	185	280	322	397	315	363	395	407	447	515
	240	330	380	470	375	430	471	482	530	611
	300	381	439	543	434	497	547	557	613	708
	400	-	-	-	526	600	653	671	740	856
	500	-	-	-	610	694	770	775	856	991
630	-	-	-	711	808	899	900	996	1154	

82

$$\Delta U = 2 * \rho * \frac{l}{S} * I$$

Για  $l = 20 \text{ m}$ ,  $I = 44 \text{ A}$ ,  $S = 16 \text{ mm}^2$  τότε  $\Delta U = 1.98 \text{ V} < 2.3 \text{ V}$ .

### Άρα διατομή inverter 3 x 16 mm<sup>2</sup>

Τους τρεις Inverters ( $P_{ol} = 30 \text{ kW}$ ,  $\cos\phi = 1$ ) τους συνδέουμε σε τριφασικό σύστημα με μικροαυτόματο από την πλευρά του τριφασικού του AC με βάση τον ονομαστικό ρεύμα εξόδου,  $30 \text{ kW} / (1.73 \times 400 \text{ V}) = 43 \text{ A}$  άρα

ο μικροαυτόματος από την πλευρά του τριφασικού AC = 50 A

Το τριφασικό καλώδιο κάθε τριάδας inverter προσδιορίζεται από το Ιον (43 A), το θερμοκρασιακό συντελεστή 0.71, και τον συντελεστή γειτνίασης (3 τριφασικά inverter, 0.70)

Άρα Ικαλωδίου =  $43 / (0.71 \times 0.70) = 86.5 \text{ A}$

Από τον πίνακα των καλωδίων (στον αέρα, πολυπολικά, 3 φορτισμένοι αγωγοί, στήλη 1) προκύπτει διατομή 25 mm<sup>2</sup>.

Θα πρέπει να ελεγχθεί η διατομή για πτώση τάση 1% (1% των 400 V) δηλαδή 4 V.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

83

ΠΙΝΑΚΑΣ 52-Κ2  
Μέγιστα επιτρεπόμενα ρεύματα (σε Α) ηλεκτρικών γραμμών με καλώδια στον αέρα (σε απόσταση από τοίχους ή άλλα δομικά υλικά)  
Μόνωση από PVC ή EPR ή XLPE

Μόνωση	Πλήθος Φορτισμένων αγωγών	Πολυπολικά καλώδια	Μονοπολικά καλώδια							
			Σε απόσταση μεταξύ τους			Σε απόσταση μεταξύ τους				
			Διάταξη οριζόντια ή κατακόρυφη	Διάταξη τριγωνική	Διάταξη οριζόντια	Διάταξη οριζόντια	Διάταξη οριζόντια	Διάταξη κατακόρυφη		
PVC	2	2	5	-	-	-	-	-		
	3	1	4	4	4	7	5	-		
	2	3	8	-	-	-	-	-		
EPR ή XLPE	2	3	8	-	-	-	-	-		
	3	2	7	6	9	9	8	-		
Χαλκός	Στήλες									
	mm <sup>2</sup>	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1.5	18.5	22	26	-	-	-	-	-	-
	2.5	25	30	36	-	-	-	-	-	-
	4	34	40	49	-	-	-	-	-	-
	6	43	51	63	-	-	-	-	-	-
	10	60	70	86	-	-	-	-	-	-
	16	90	94	115	-	-	-	-	-	-
	25	101	119	149	110	130	135	141	161	182
	35	126	148	185	137	162	169	176	200	226
	50	153	180	225	167	196	207	216	242	275
	70	196	232	289	216	251	268	279	310	353
	95	238	282	352	264	304	328	341	377	430
	120	276	328	410	308	352	383	396	437	500
	150	319	379	473	356	406	444	456	504	577
	185	364	434	542	409	463	510	521	575	661
	240	430	514	641	485	546	607	615	679	781
	300	497	593	741	561	629	703	709	783	902
	400	-	-	-	656	754	823	852	940	1085
500	-	-	-	749	868	946	982	1083	1253	
630	-	-	-	855	1005	1088	1138	1254	1454	
Αλουμίνιο	16	61	73	91	-	-	-	-	-	-
	25	78	89	108	84	98	103	107	121	138
	35	96	111	135	105	122	129	135	150	172
	50	117	135	164	128	149	159	165	184	210
	70	150	173	211	166	192	206	215	237	271
	95	183	210	257	203	235	253	264	289	332
	120	212	244	300	237	273	296	308	337	387
	150	245	282	346	274	316	343	356	389	448
	185	280	322	397	315	363	395	407	447	515
	240	330	380	470	375	430	471	482	530	611
	300	381	439	543	434	497	547	557	613	708
	400	-	-	-	526	600	653	671	740	856
	500	-	-	-	610	694	770	775	856	991
630	-	-	-	711	808	899	900	996	1154	

84

$$\Delta U = \sqrt{3} * \rho * \frac{l}{S} * I$$

Για  $l = 20 \text{ m}$ ,  $I = 43 \text{ A}$ ,  $S = 25 \text{ mm}^2$  τότε  $\Delta U = 1.07 \text{ V} < 4 \text{ V}$ .

**άρα διατομή τριφασικού inverter (3 x 25 + 16 + 16) mm<sup>2</sup>**

Τα τρία τριφασικά συστήματα Inverters ( $P_{ol} = 90 \text{ kW}$ ,  $\cos\phi = 1$ ) τα συνδέουμε σε ένα τριφασικό σύστημα με διακόπτη ισχύος από την πλευρά του τριφασικού του AC με βάση τον ονομαστικό ρεύμα εξόδου,  $90 \text{ kW} / (1.73 \times 400 \text{ V}) = 130 \text{ A}$  άρα

**ο διακόπτης από την πλευρά του τριφασικού AC = 160 A**

Το παροχικό καλώδιο προς τη ΔΕΗ προσδιορίζεται από το  $I_{on}$  (130 A), το θερμοκρασιακό συντελεστή 0.87 (40 °C).

Άρα  $I_{καλωδίου} = 130 / 0.87 = 149 \text{ A}$

Από τον πίνακα των καλωδίων (στον αέρα, πολυπολικά, 3 φορτισμένοι αγωγοί, στήλη 1) προκύπτει διατομή 50 mm<sup>2</sup>.

Θα πρέπει να ελεγχθεί η διατομή για πτώση τάση 1% (1% των 400 V) δηλαδή 4 V.

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

85

$$\Delta U = \sqrt{3} * \rho * \frac{l}{S} * I$$

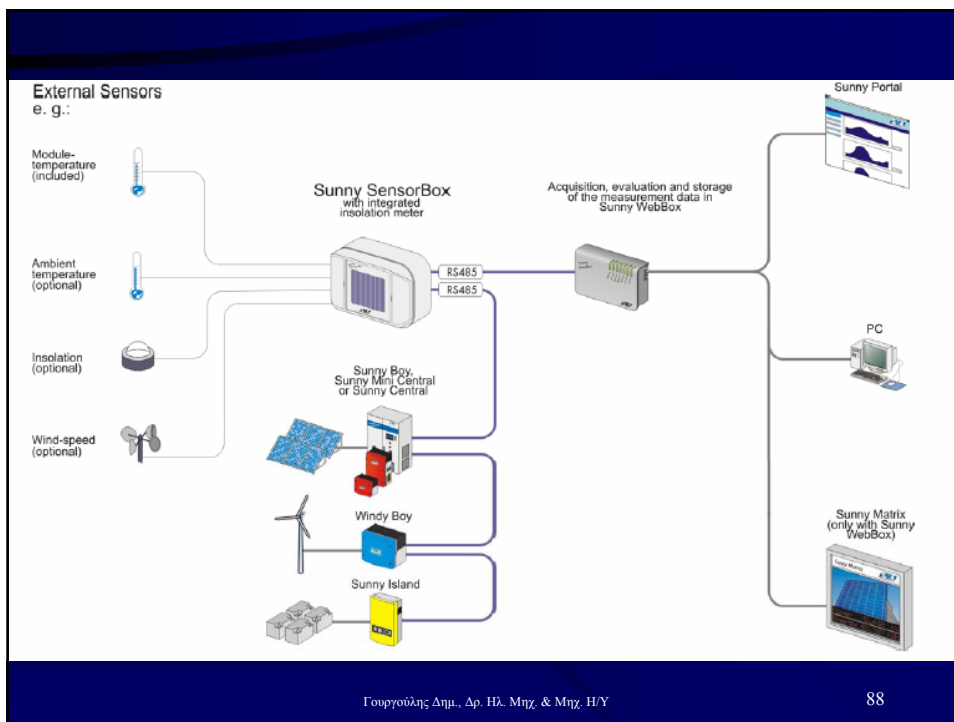
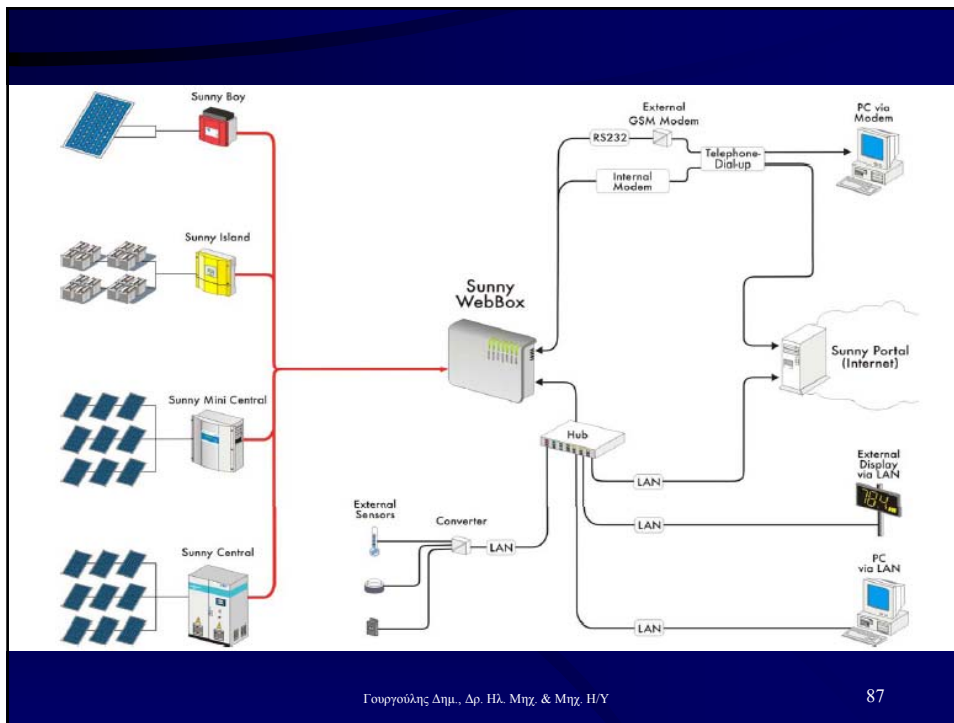
Για  $l = 50 \text{ m}$ ,  $I = 130 \text{ A}$ ,  $S = 50 \text{ mm}^2$  τότε  $\Delta U = 4.05 \text{ V} > 4 \text{ V}$ .

Ελέγχω για την επόμενη διατομή  $S = 70 \text{ mm}^2$ ,  $\Delta U = 2.89 \text{ V} < 4 \text{ V}$


**άρα διατομή παροχικού καλωδίου (3 x 70 + 35 + 35) mm<sup>2</sup>**

Γουργούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ

86



# Υπόδειγμα αίτησης στη ΔΕΗ 100 kWp

 ΔΕΗ Περσική .....		Αρ. Αίτησης: ΦΒ- Ημερομηνία:	
<b>Αίτηση για τη σύνδεση φωτοβολταϊκού σταθμού επί γηπέδου ισχύος ≤ 100 kW στο Δίκτυο ΝΤ</b>			
<b>Στοιχεία Παραγωγού</b>			
Όνομα/επωνυμία ενδιαφερόμενου φυσικού/νομικού προσώπου			
Κατοικία (έδρα ενδιαφερόμενου φυσικού/νομικού προσώπου)			
ΑΦΜ και ΔΟΥ ενδιαφερόμενου φυσικού/νομικού προσώπου			
Εκπρόσωπος επικοινωνίας με τη ΔΕΗ			
Τελεωφώνη			
Ηλεκτρονική διεύθυνση (E-mail)			
Τηλέφωνο			
Fax			
<b>Στοιχεία Εγκατάστασης</b>			
Είδος Παραγωγού	<input type="checkbox"/> Αποκαταγωγής <input type="checkbox"/> Αναζήτησης Παραγωγής		
Θέση εγκατάστασης (θέση - τοποθέτηση, όμιλος, γαράζι)			
Συνολική εγκαταστήσιμη ισχύς (kW)			
Στοιχεία κελύφους εγκατάστασης (επωνυμία, επίδειξη, διεύθυνση, τηλέφωνο)			

<b>Στοιχεία Φωτοβολταϊκών Πλακών</b>	
Κοινοπραξία, προέλευση	
Τύπος - μοντέλο	
Όνομαστική ισχύς πλακών	
Αριθμός πλακών	
Πιστοποιήσεις	
<b>Στοιχεία αντιστρώφια (inverter)</b>	
Κοινοπραξία, προέλευση	
Τύπος - Μοντέλο	
Όνομαστική ισχύς ελάδου	
Μίγξη ισχύς ελάδου	
Μίγξη, βοηθός απόδοσης	
Συντελεστής ισχύος	
Διακρίση τύπου ελάδου (προεπιλεγμένη και δυνατή είδος ρύθμισης)	<input type="checkbox"/> (ανακαταστάσιμη) <input type="checkbox"/> (ένας ρυθμιστής)
Διακρίση συχνότητας ελάδου (προεπιλεγμένη και δυνατή είδος ρύθμισης)	<input type="checkbox"/> (ανακαταστάσιμη) <input type="checkbox"/> (ένας ρυθμιστής)
Ολική αρμονική παραμόρφωση ρεύματος (THD)	
Έγγραφο DC	
Μετασχηματιστής απόδοσης	Ναι / Όχι

Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ,

# Υπόδειγμα αίτησης στη ΔΕΗ 100 kWp

10. Προστασία έναντι του ανεπιθύητου της υφιστάμενης (Safelanding) κατά VDE 0126 ή ισοδύναμη μέθοδος	Ναι / Όχι
Πάρης παραγωγή τρέπου προστασίας	
Πιστοποιήσεις	
<b>Έγγραφο και στοιχεία που συνοψοβάλλονται κατά την αρχική αίτηση</b>	
1. Τεχνολογικά στοιχεία φωτοβολταϊκών στοιχείων	<input type="checkbox"/>
2. Τεχνολογικά στοιχεία και πιστοποιητικό αντιστρώφου	<input type="checkbox"/>
3. Μονοφασικό ηλεκτρολογικό σχέδιο του σταθμού (καταγραφόμενο από μελετητή κατάλληλης ειδικότητας)	<input type="checkbox"/>
4. Αντίγραφο πρόσβασης λειτουργικού καταλόγου ηλεκτρικού ρεύματος (μόνο για την περίπτωση αποκαταγωγών)	<input type="checkbox"/>
5. Τοπογραφικό σχέδιο της ακριβούς θέσης της εγκατάστασης, και γήρας ΓΥΣ 1.500kv με υπεκδοχή του δικαιούχου του γηπέδου (προκαταμένο για γηπέδο εκτός σχεδίου πόλεως)	<input type="checkbox"/>
6. Τίτλος κυριότητας ή νόμιμη κατοχή του γηπέδου εγκατάστασης, και το πιστοποιητικό μεταγραφής του στο υποθηκοφυλακείο (γίνονται δεκτά και προσωρινου αγοράς ή μίσθωσης)	<input type="checkbox"/>
7. Έγγραφο ελέγχου από την υπηρεσία μέτρησης άμεσης παραγωγής ελάδων από τη ΡΑΕ (μόνο για τους σταθμούς που έχουν λάβει απόφαση ελέγχου προ της έκδοσης του Ν. 3851/2010)	<input type="checkbox"/>
8. Υπόθεση Δήλωση του Ν. 1599/86, στην οποία ο αιτών να βεβαιώνει ότι: <ul style="list-style-type: none"> <li>α. ο σταθμός ελέγχεται από έκδοση απόφασης ΕΠΟ βάσει του Ν. 3851/2010</li> <li>β. το εγκαταστάσιμο εγκατάστασης του σταθμού χαρακτηρίζεται ως χαρακτηριστικό ως οικιακή ή αγροτική παραγωγή ενέργειας</li> <li>γ. όλα τα στοιχεία που υποβάλλει με την αίτηση να προσκομίζονται προ της υπογραφής</li> </ul>	<input type="checkbox"/>
<b>Έγγραφο και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομίζονται προ της υπογραφής της Σύμβασης Σύνδεσης</b>	
9. Τίτλος κυριότητας του γηπέδου εγκατάστασης (σημειολογημένη πράξη και πιστοποιητικό μεταγραφής) ή στο υποθηκοφυλακείο ή νόμιμη κατοχή αυτού (το μεσοπρόθεσμα συμβόλαιο από συμβολαιογράφο συνοδευόμενο από το πιστοποιητικό μεταγραφής του στο υποθηκοφυλακείο), εφόσον δεν έχουν καταστεί με την αρχική αίτηση	<input type="checkbox"/>

10. Έγκριση εκτέλεσης εργασιών μακρής κλίμακας για την εγκατάσταση του φωτοβολταϊκού σταθμού, από την αρμόδια Πολιτεύουσα Υπηρεσία	<input type="checkbox"/>
11. Βεβαίωση απαλλαγής από απόφαση ΕΠΟ, από την αρμόδια περιφερειακή αρχή της οικιακής Παραγωγής	<input type="checkbox"/>
<b>Έγγραφο και στοιχεία που θα πρέπει να προσκομίζονται προ της σύνδεσης του σταθμού με το Δίκτυο</b>	
12. Αντίγραφο της Σύμβασης Πάλης Ηλεκτρικής Ενέργειας μεταξύ Παραγωγού και ΔΕΔΔΗΕ	<input type="checkbox"/>
13. Υπόθεση Δήλωση Ηλεκτρολόγου Εγκαταστάτη (Υ.Δ.Ε.) για τη συνολική εγκατάσταση με σημειωμένα τεχνικά παρατηρήσει και τρόπο απόφασης που αποφαίνεται της υφιστάμενης και συνημμένο μονοφασικό ηλεκτρολογικό σχέδιο της εγκατάστασης	<input type="checkbox"/>
14. Υπόθεση Δήλωση του Ν. 1599/86, στην οποία ο Παραγωγός, θα αναφέρει τις ρυθμίσεις των κελύφους όπως και συχνότητες στην ελάδα που αντιστρώφια οι οποίοι σε καμία περίπτωση δεν θα πρέπει να υπερβαίνουν για την τάση το +15% έως -20% της ονομαστικής τάσης, ενώ για την συχνότητα το +/- 0.5 Ηz καθώς επίσης και την εξοβλήση ότι σε περίπτωση υπέρβασης, τον πιο πάνω όριον ο αντιστρώφιας θα τίθεται εκτός λειτουργίας απευθείας με τις εκπομπές χρόνους ρύθμισης: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Θέση εκτός του αντιστρώφιας σε 0.5 δευτερόλεπτα.</li> <li>- Επισύβληση του αντιστρώφιας μετά από τρία λεπτά.</li> </ul> Επίσης θα αναφέρει το χρόνο λειτουργίας της προστασίας, έναντι υφιστάμενης.	<input type="checkbox"/>

Γουρνούλης Δημ., Δρ. Ηλ. Μηχ. & Μηχ. Η/Υ,