

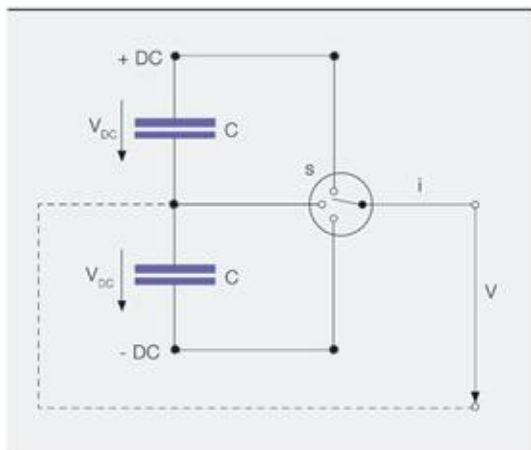
Ο μετατροπέας συχνότητας των 5 επιπέδων

Από AC σε DC και αντίστροφα

Ένας μετατροπέας συχνότητας αποτελεί, κατ' ουσία, ένα κύκλωμα μετατροπής της AC τάσης, σταθερής συχνότητας, σε διαφορετικά επίπεδα DC και ξανά σε AC, ρυθμιζόμενης συχνότητας. Κατά συνέπεια, η τάση εξόδου δεν είναι ημιτονοειδούς μορφής, αλλά ένα σχήμα τετραγωνικών παλμών υψηλής συχνότητας που προσιδιάζουν την ημιτονοειδή φόρμα όσο το δυνατόν ακριβέστερα (1c). Η μη-ημιτονοειδής μορφή της τάσης εξόδου, όμως, προκαλεί διάφορα προβλήματα, όπως πχ. δημιουργία αρμονικών που έχουν συνέπειες στη μόνωση των κυκλωμάτων, στα ρουλεμάν των κινητήρων και αλληλεπιδρούν με άλλα κυκλώματα ή μονάδες. Για να εξομαλυνθεί η κυματομορφή, τοποθετούνται φίλτρα αρμονικών στην έξοδο, λύση όμως δαπανηρή που παράλληλα εισάγει έναν επιπλέον παράγοντα απωλειών. Συνηθέστερα, ωστόσο, επιλέγονται και ειδικοί κινητήρες που ανθίστανται στην ηλεκτρική επιβάρυνση αυτών των φαινομένων.

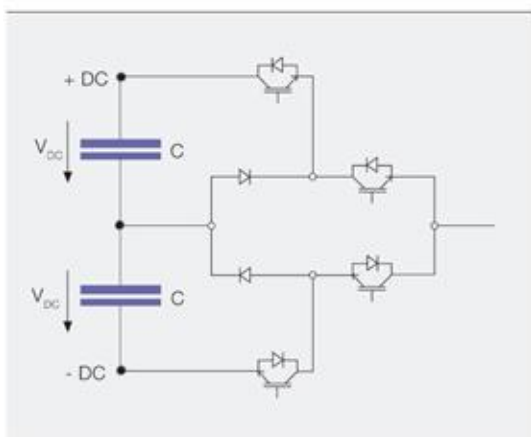


Τα επίπεδα DC τάσης των μετατροπέων συχνότητας



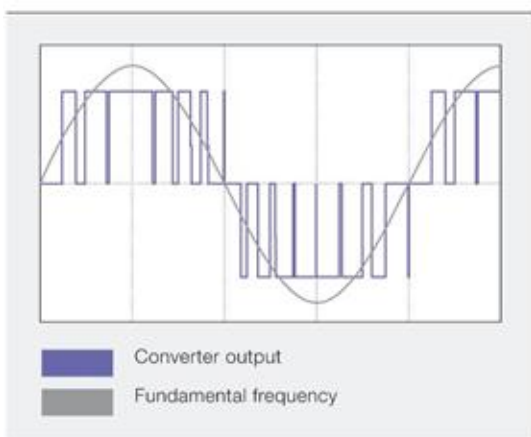
Ο απλούστερος μετατροπέας είναι εκείνος των δύο επιπέδων, ο οποίος παρέχει μόνο δύο επίπεδα DC τάσης: την +DC (που ανταποκρίνεται στην αντίστοιχη που θα προκύψει από την ανόρθωση της AC τάσης εισόδου), και την -DC.

Ο μετατροπέας 3 σταδίων με την τοπολογία neutral point clamped (NPC) αποτελεί μια επέκταση της προηγούμενης λογικής μόνο που εισάγει την τάση του ουδέτερου (1a) ενώ παράγει τάσεις εξόδου όπως εκείνες που παρίστανται στο σχήμα 1c.



Το επόμενο βήμα στη σχεδίαση μετατροπέων συχνότητας είναι να μπορούν να παρέχουν 5 επίπεδα DC τάσης, από τα οποία να δημιουργούν την AC τάση εξόδου. Ωστόσο, τέτοιες υλοποιήσεις είναι συχνά πολύπλοκες, ενώ και η κοστολογική επιβάρυνση είναι σημαντική.

Η ABB αντιμετώπισε αυτά τα προβλήματα βρίσκοντας λύσεις που μπορούν να παρέχουν 5 επίπεδα DC τάσης, χωρίς παράλληλα να εισάγουν πολυπλοκότητα στο κύκλωμα ισχύος.



Σχήμα 1. Βασική δομή NPC μετατροπέα (μία φάση)

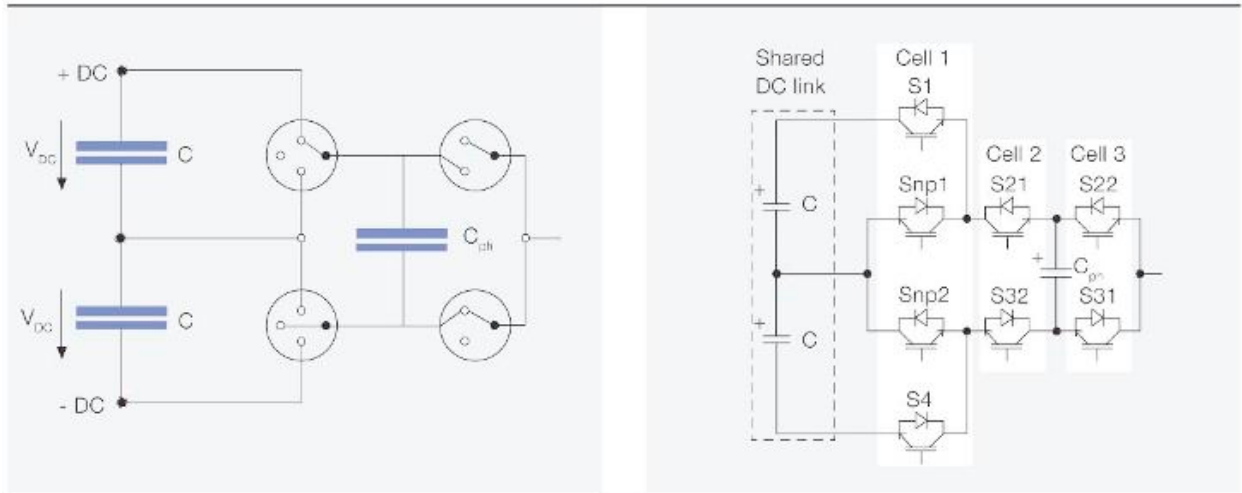
- Αρχή λειτουργίας
- Κύκλωμα
- Κυματομορφή τάσης (δείγμα)

ANPC-5L

Η λειτουργία του μετατροπέα των 5 επιπέδων με ενεργό ουδέτερο, (ANPC-5L), φαίνεται στο σχήμα 2a. Ο πυκνωτής της φάσης C_{ph} διατηρείται φορτισμένος

στη μισή τάση από την αντίστοιχη των πυκνωτών του

DC link, δηλαδή στο επίπεδο του ενός τετάρτου από τη συνολική τάση του DC link. Η βασική αρχή που διέπει το κύκλωμα μπορεί να προσομοιαστεί με ένα μετατροπέα NPC τριών επιπέδων με την προσθήκη ενός πυκνωτή. Αυτός ο πυκνωτής φάσης είναι τοποθετημένος σε σειρά με το μετατροπέα και παρέχει δύο επιπλέον ενδιάμεσες στάθμες τάσης εξόδου.



Σχήμα 2. Βασική δομή ANPC-5L μετατροπέα (μία φάση),

a. Αρχή λειτουργίας,

b. Κύκλωμα.

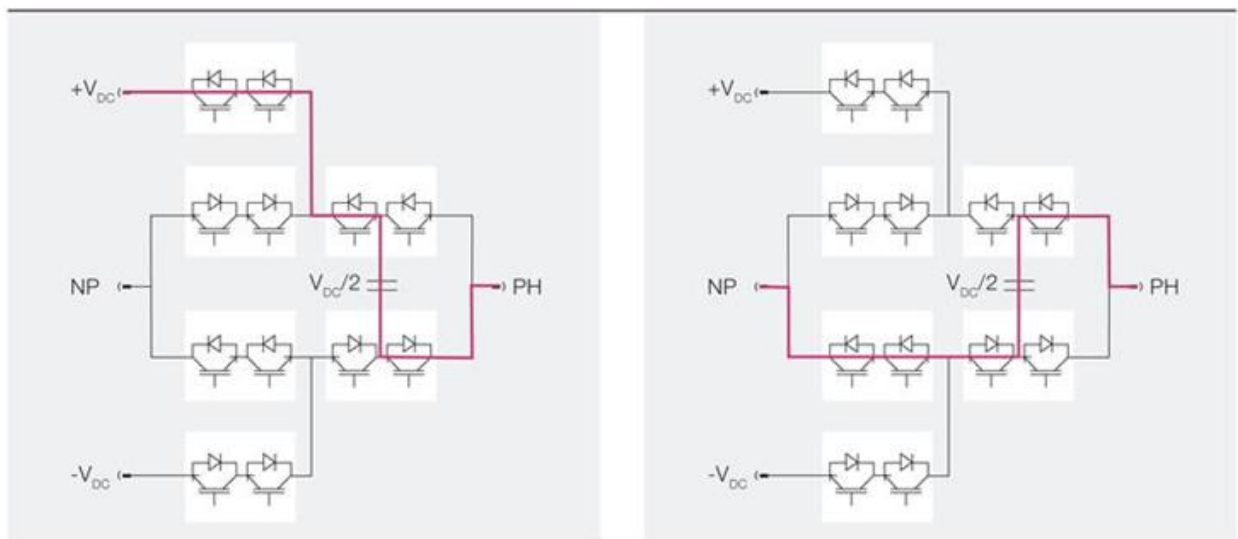
Ο πυκνωτής C_{ph} διατηρείται φορτισμένος στη μισή τάση του DC-link πυκνωτή

Η λειτουργία του ANPC-5L

Τα διακοπτικά εξαρτήματα του Cell 1 (2b) λειτουργούν συμπληρωματικά, με τα S1 και Snp2 να λειτουργούν ταυτόχρονα, όπως αντίστοιχα συμβαίνει και με τα S4 και Snp1. Οι μονάδες του Cell 2 λειτουργούν αντίστροφα από εκείνες του Cell 3. Ο συνολικός αριθμός των διακοπτικών επιπέδων παριστάνεται στο σχήμα 3. Συνολικά οκτώ επίπεδα τάσης, ανά φάση, είναι δυνατά. Από τη μελέτη του σχήματος 3 αποκαλύπτεται ότι για τα 2 από τα 3 αυτόνομα ζευγάρια, όπως τα V1/V2 και V5/V6, αντίστροφα φαινόμενα μπορεί να συμβούν κατά τη φόρτιση του πυκνωτή φάσης. Το σχήμα 4 συγκρίνει το V5 με το V6 και δείχνει πώς το V6 ελάττωνα τη μισή τάση από το DC link, ενώ αντίστοιχα το V5 την προσθέτει στο ουδέτερο σημείο του κυκλώματος. Σαν αποτέλεσμα, το ρεύμα μέσω του πυκνωτή φάσης έχει αντίθετη φορά. Αυτή η σχεδίαση επιτρέπει να διατηρείται η τάση στον εν λόγω πυκνωτή χωρίς τη χρήση κυκλώματος φόρτισης, απλοποιώντας την όλη διάταξη.

Cell 3				Cell 2		Cell 1		Output level	Phase output voltage	Effect on Cph		Effect on Vnp		Switching vector
S4	Snp2	Snp1	S1	S32	S21	S31	S22			i>0	i<0	i>0	i<0	
1	0	1	0	1	0	1	0	-2	-V	0	0	0	0	V0
1	0	1	0	1	0	0	1	-1	-V/2	-	+	0	0	V1
1	0	1	0	0	1	1	0	-1	-V/2	+	-	-	+	V2
1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	-	+	V3
0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	-	+	V4
0	1	0	1	1	0	0	1	+1	V/2	-	+	-	+	V5
0	1	0	1	0	1	1	0	+1	V/2	+	-	0	0	V6
0	1	0	1	0	1	0	1	+2	V	0	0	0	0	V7

Σχήμα 3. Καταστάσεις φάσεων ενός ANPC-5L μετατροπέα



Σχήμα 4. Δύο διαφορετικές οδεύσεις ρεύματος που παράγουν την ίδια τάση εξόδου,

a. Διακοπτική κατάσταση V6 από σχήμα 3,

b. Διακοπτική κατάσταση V5 από σχήμα

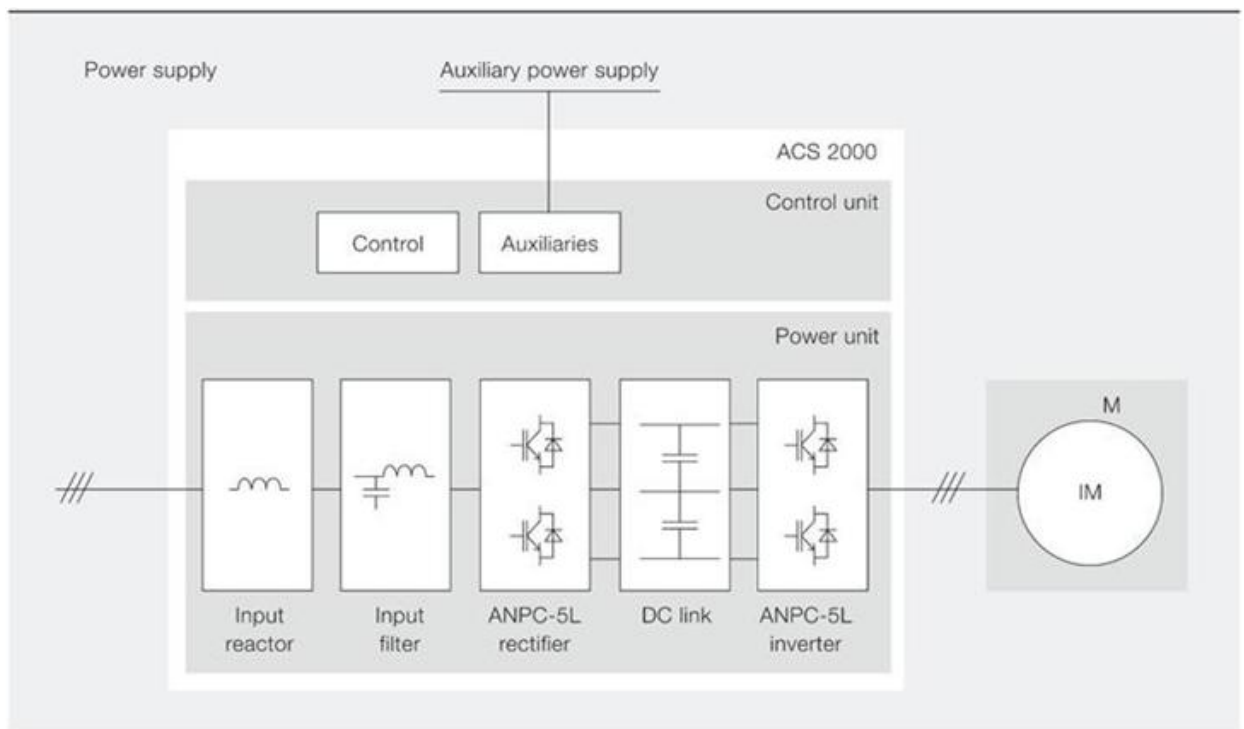
3. Η αντίθετη ροή του ρεύματος στον Cph του επιτρέπει να διατηρεί τη φόρτισή του

Μηχανική σχεδίαση ACS 2000

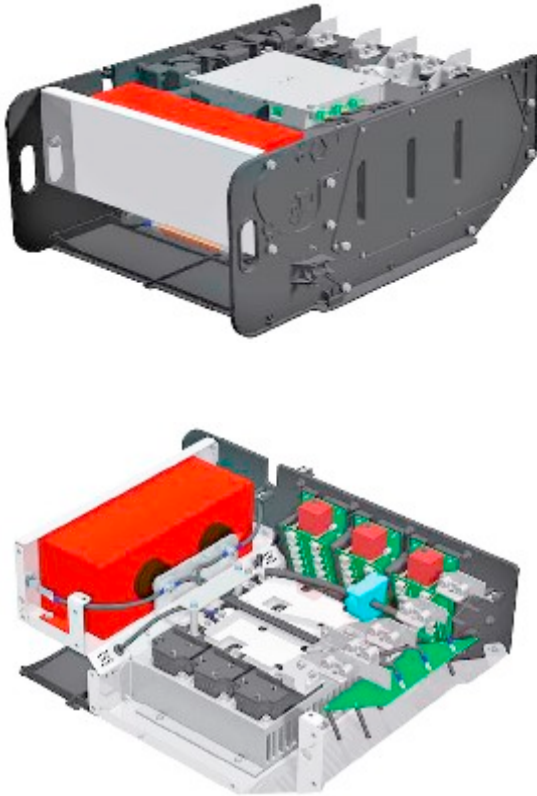


Οι μετατροπείς συχνότητας της σειράς ACS 2000 χρησιμοποιούν δύο μετατροπείς 5 σταδίων σε μια τοπολογία "back to back" (B2B) (σχ. 5). Είναι έτσι σχεδιασμένοι ώστε να μεγιστοποιούν το χρόνο λειτουργίας της εγκατάστασης (σχ. 6), ενώ η συρταρωτή σχεδίαση των module της κάθε φάσης επιτρέπει γρήγορη και ασφαλή αντικατάσταση σε περίπτωση σφάλματος.

Σχήμα 6. ACS



Σχήμα 5. Βασική τοπολογία μετατροπέα συχνότητας ACS 2000

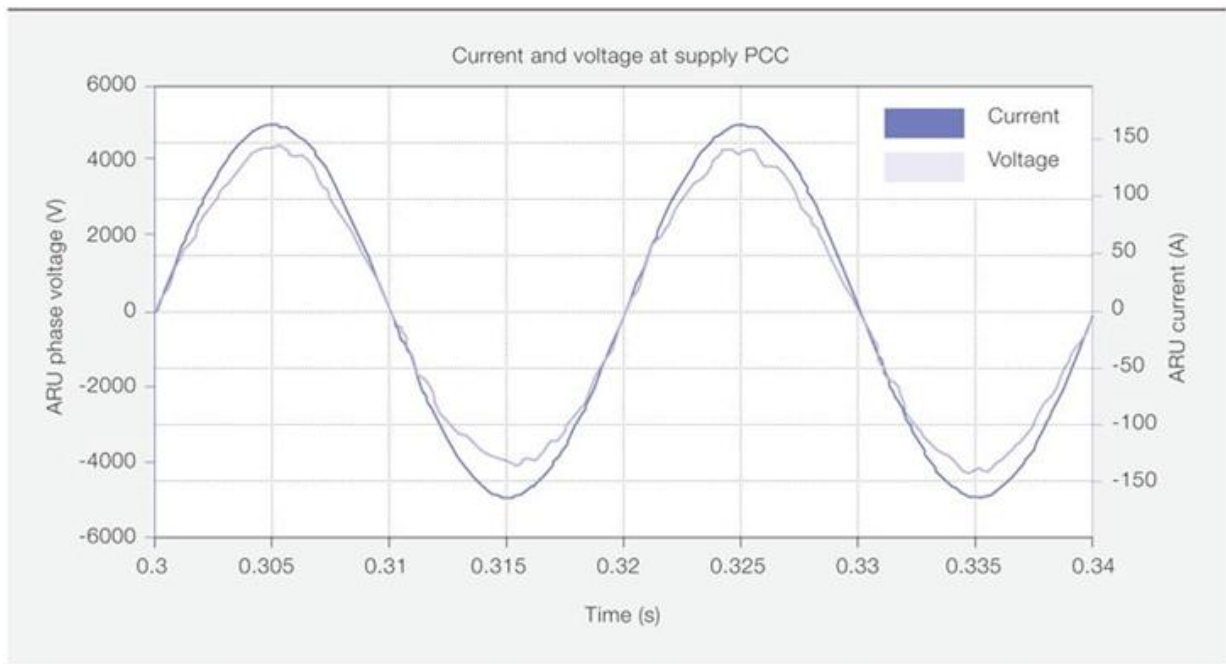


Κομβικό σημείο της σχεδίασης αυτής αποτελεί το module φάσης (σχ. 7) το οποίο συγκροτεί το βασικό στοιχείο κάθε σκέλους της εκάστοτε φάσης (σχ. 2b). Το module περιλαμβάνει τους ημιαγωγούς ισχύος, τη μονάδα εντολών έναυσης των IGBT και τον πυκνωτή φάσης, μια κάρτα interface με την κεντρική μονάδα ελέγχου του μετατροπέα, καθώς επίσης και τα εξαρτήματα μέτρησης τάσης και έντασης. Έτσι απαιτείται μόνο η οπτική επικοινωνία με την κάρτα ελέγχου του μετατροπέα και η σύνδεση του module με το κομμάτι ισχύος του μετατροπέα, η οποία επιτυγχάνεται εύκολα–συρταρωτά με συνδέσμους plug-in. Ακριβώς λόγω αυτής της απλότητας, η αντικατάσταση ενός module μπορεί να γίνει μέσα σε λίγα λεπτά.

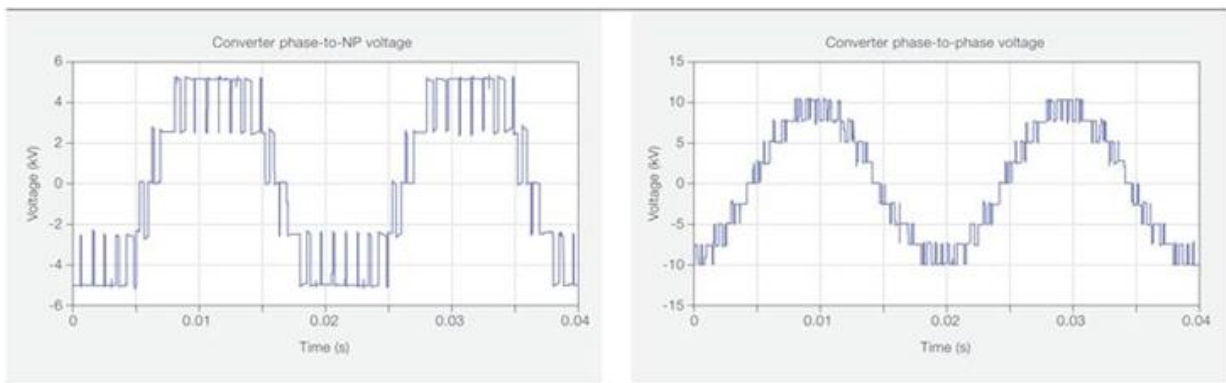
Σχήμα 7. Module φάσης ACS 2000

Απόδοση εισόδου/εξόδου

Η λειτουργία του ανορθωτή παρουσιάζεται στο σχήμα 8. Ο μετατροπέας συχνότητας 5 επιπέδων παρέχει στον κινητήρα εννιά επίπεδα τάσης από φάση σε φάση. Τυπικές κυματομορφές τάσης και ρεύματος παρατίθενται στο σχήμα 9. Η παραγόμενη κυματομορφή τάσης AC εξόδου είναι πολύ κοντά στην ημιτονοειδή μορφή και καλύπτει τις απαιτήσεις οδήγησης τυποποιημένων κινητήρων που σχεδιάστηκαν για σύνδεση απευθείας στο δίκτυο (DOL), χωρίς να τους προκαλείται καμία φθορά.



Σχήμα 8. Τάση και ρεύμα εισόδου μετατροπέα



Σχήμα 9. Κυματομορφές τάσης εξόδου,

- a. Κυματομορφή 5 επιπέδων (φάση με ουδέτερο),
- b. Κυματομορφή 9 επιπέδων (φάση με φάση)

Η συμπεριφορά σε πτώσεις τάσεις και διακοπές τροφοδοσίας

Ο συνδυασμός της τεχνολογίας των 5 επιπέδων και του δυναμικού και διαρκούς ελέγχου ροπής, μπορεί να επιτρέψει τη λειτουργία του μετατροπέα, ακόμη και στην περίπτωση διακοπής της τροφοδοσίας για αρκετά δευτερόλεπτα. Η λειτουργία συνεχίζεται επίσης ακόμη και όταν

βοηθητικές τροφοδοσίες διακοπούν για περιορισμένο χρόνο. Η μέγιστη διάρκεια διακοπής τροφοδοσίας εξαρτάται από το φορτίο, τη μηχανή και το σημείο λειτουργίας τη στιγμή της διακοπής.

Κατά τη διάρκεια της διακοπής τροφοδοσίας, η τάση του DC link βρίσκεται σε τέτοιο επίπεδο ώστε να διατηρείται η μαγνήτιση του κινητήρα, με επιστροφή ενέργειας από τη στρεφόμενη μάζα του κινητήρα και του φορτίου στο μετατροπέα. Η κατάσταση αυτή (ride-through mode) μπορεί να διατηρηθεί για όσο χρόνο η στρεφόμενη μάζα του φορτίου έχει αρκετή αδράνεια ώστε να παρέχει στο DC link αρκετή ενέργεια, ικανή να καλύψει τις ανάγκες του μετατροπέα. Όταν αποκατασταθεί η τροφοδοσία, ο κινητήρας επιστρέφει στην επιθυμητή ταχύτητα άμεσα.

Ο βραβευμένος μετατροπέας συχνότητας

Το Δεκέμβριο του 2010 η εταιρεία συμβούλων Frost and Sullivan απέδωσε στον ACS 2000 το βραβείο του καινοτόμου νέου προϊόντος για τους Μετατροπείς Μέσης Τάσης στην Ευρώπη. Όπως αναφέρουν «το προϊόν προσφέρει οφέλη όπως οι ευέλικτες συνδέσεις δικτύου, χαμηλές αρμονικές, ελαττωμένη κατανάλωση ενέργειας, ευκολία εγκατάστασης και θέσης σε λειτουργία, υψηλή πιστότητα και χαμηλό κόστος κτήσης. Όντας ο μοναδικός μετατροπέας συχνότητας με τοπολογία μετατροπέα Voltage Source Inverter (VSI), σχεδίαση χωρίς την ανάγκη χρήσης μετασχηματιστή απομόνωσης και πατενταρισμένο έλεγχο IGBT πολλαπλών επιπέδων, ο ACS 2000 αποτελεί ορόσημο στον τομέα των Μετατροπέων Συχνότητας Μέσης Τάσης».

*Πηγή: ABB Review, Group Technical Magazine