

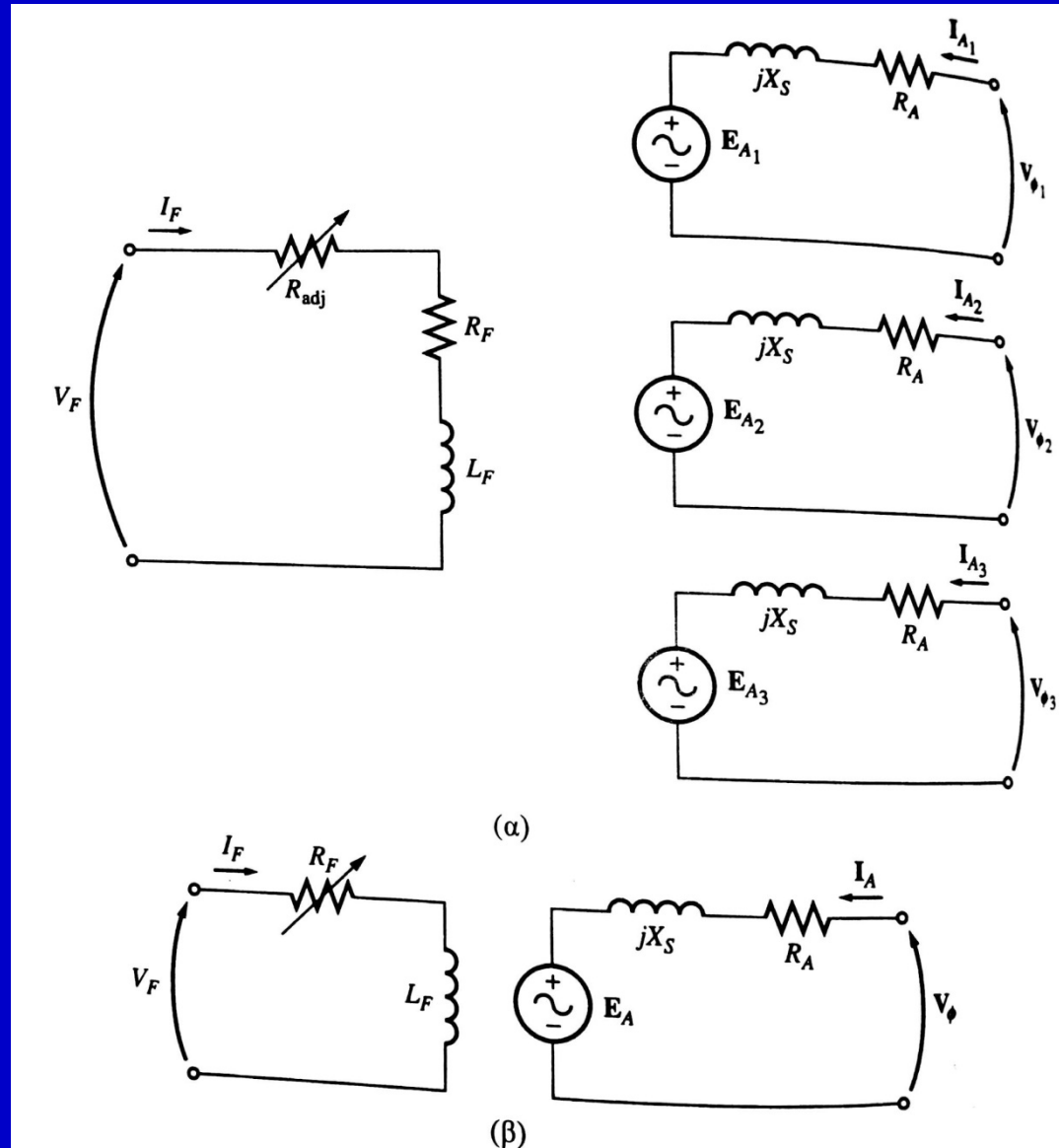
ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Στον ΣΚ 2 πόλων το μαγνητικό πεδίο του δρομέα B_R παράγεται από το ρεύμα διέγερσης I_F
- Στο στάτη της μηχανής εφαρμόζεται ένα 3-φασικό σύστημα ρευμάτων το οποίο παράγει στο εσωτερικό της στρεφόμενο ομογενές μαγνητικό πεδίο B_s
- Έτσι στο εσωτερικό του κινητήρα υφίστανται 2 πεδία που τείνουν να ευθυγραμμιστούν, όπως ακριβώς 2 μαγνητικοί ράβδοι
- Επειδή όμως το πεδίο του στάτη περιστρέφεται συνεχώς, το πεδίο του δρομέα (και ο ίδιος ο δρομέας) προσπαθεί συνέχεια να το ακολουθήσει
- Όσο μεγαλύτερη είναι η γωνία μεταξύ των 2 πεδίων τόσο μεγαλύτερη είναι η ροπή που ασκεί στο δρομέα το μαγνητικό πεδίο

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Αρχή λειτουργίας ΣΚ: Το μαγνητικό πεδίο του δρομέα “κυνηγάει” συνεχώς το πεδίο του στάτη, χωρίς ποτέ να καταφέρνει να το φτάσει
- Η βασική διαφορά μεταξύ ΣΓ και ΣΚ βρίσκεται στη φορά της ισχύος του. Έτσι η ροή της ισχύος στο ΣΚ αντιστρέφεται, το αποτέλεσμα είναι ότι και το ρεύμα του στάτη αντιστρέφεται
- Έτσι η μοναδική διαφορά που παρουσιάζει το ισοδύναμο κύκλωμα του ΣΚ σε σχέση με αυτό της ΣΓ είναι στη φορά του ρεύματος I_A που αντιστρέφεται
- Φυσικά το τύλιγμα του στάτη ενός ΣΚ είναι δυνατό να συνδέεται σε αστέρα ή τρίγωνο όπως το αντίστοιχο τύλιγμα μιας ΣΓ

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

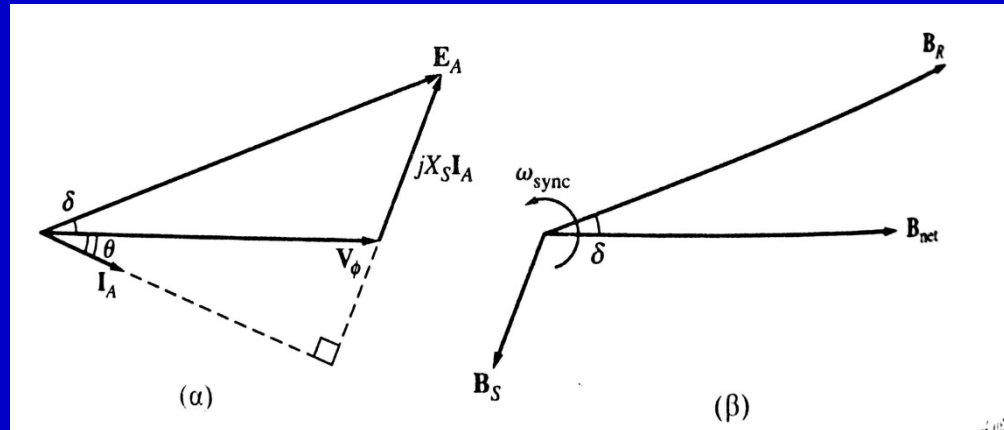
- Λόγω της αντιστροφής του ρεύματος οπλισμού, στις σχέσεις που εκφράζουν το ισοδύναμο κύκλωμα του κινητήρα το ρεύμα εμφανίζεται με αντίθετο πρόσημο

$$V_{\varphi} = E_A + jX_S I_A + R_A I_A$$

$$E_A = V_{\varphi} - jX_S I_A - R_A I_A$$

- Ας θεωρηθεί και πάλι η περίπτωση ΣΓ που συνδέεται σε άπειρο ζυγό
- Η κινητήρια μηχανή της γεννήτριας εφαρμόζει ροπή στον άξονα της η οποία προφανώς έχει φορά ίδια με αυτή της κίνησης του άξονα

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



- Το B_R αντιστοιχεί στην τάση E_A , το πεδίο B_{net} στη V_ϕ και το B_S στην πτώση τάσης στο τύλιγμα του στάτη ($= -jX_S I_A$). Η φορά περιστροφής και των 2 διαγραμμάτων είναι ανθρωπολογιακή (θετική)
- Η ροπή που αναπτύσσεται εξ επαγωγής στο εσωτερικό της γεννήτριας υπολογίζεται από το διάγραμμα των μαγνητικών πεδίων

$$\tau_{ind} = k B_R \times B_{net}$$

$$\tau_{ind} = k B_R B_{net} \sin \delta$$

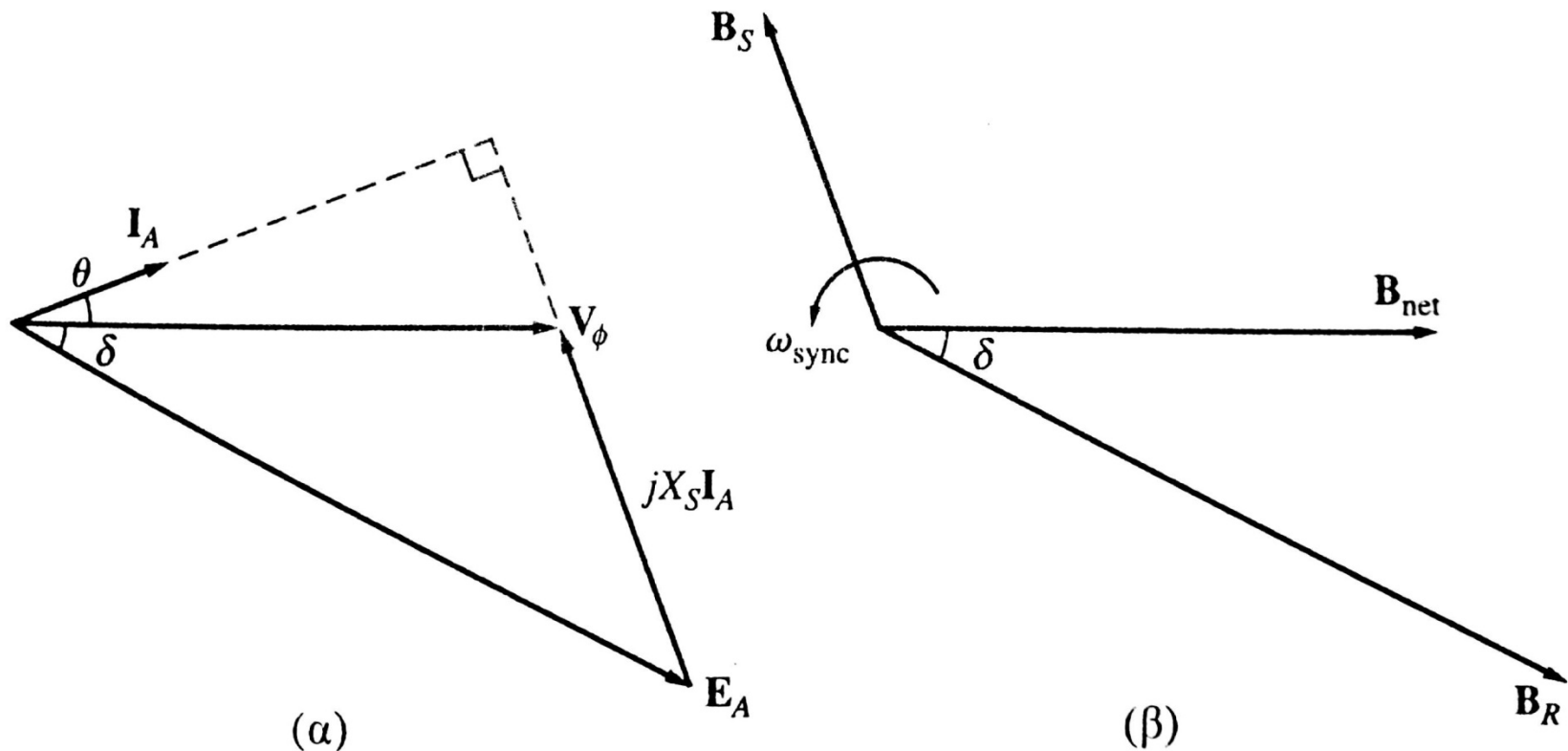
ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Φαίνεται δηλαδή πως η φορά της ροπής που παράγεται εξ επαγωγής στο εσωτερικό της γεννήτριας είναι ωρολογιακή και αντιτίθεται στη φορά περιστροφής του άξονα της
- Δηλαδή η παραγόμενη ροπή είναι μια αντιροπή η οποία αντιτίθεται στη ροπή που εφαρμόζεται εξωτερικά στον άξονα της γεννήτριας
- Ας υποθεθεί τώρα ότι η κινητήρια μηχανή της γεννήτριας παύει να κινείται και να της προσφέρει ισχύ
- Τότε η γεννήτρια κυριολεκτικά θα “σέρνει” την κινητήρια μηχανή της
- Το τελικό αποτέλεσμα θα είναι η επιβράδυνση του δρομέα της μηχανής και η μετακίνηση του αντίστοιχου μαγνητικού πεδίου B_R πίσω από το πεδίο B_{net}

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

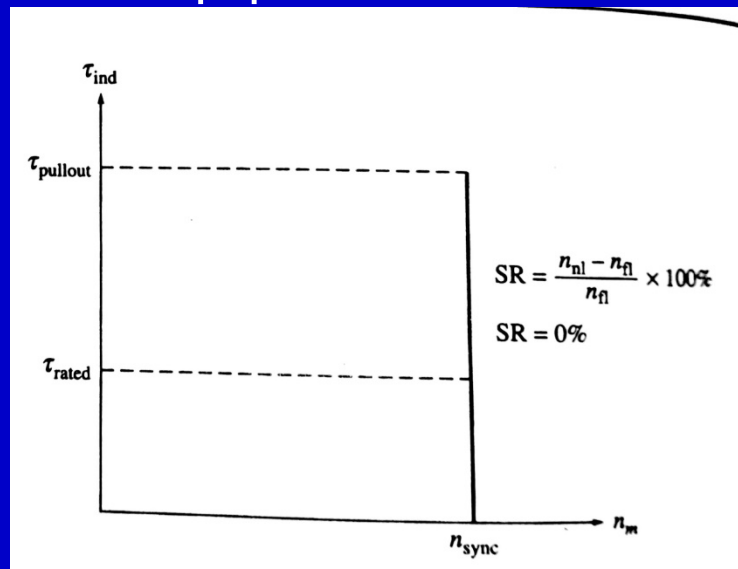
- Η ροπή που αναπτύσσεται τώρα είναι με αντίθετο πρόσημο σε σχέση με πριν
- Έτσι η φορά αυτής της ροπής τώρα γίνεται ίδια με τη φορά της κίνησης και η μηχανή αρχίζει πια να λειτουργεί ως κινητήρας
- Αμέσως μετά η γωνία δ αυξάνεται συνέχεια με αποτέλεσμα και η επαγόμενη ροπή να αυξάνεται μέχρι να εξισωθεί με τη ροπή του φορτίου που εφαρμόζεται στον άξονα της
- Σε αυτό το σημείο η μηχανή βρίσκεται σε μόνιμη κατάσταση ισορροπίας, η ταχύτητα της είναι και πάλι η σύγχρονη αλλά τώρα λειτουργεί σαν κινητήρας

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Το φορτίο ενός ΣΚ είναι συνήθως μια διάταξη που πρέπει να περιστρέφεται με σταθερή ταχύτητα. Ο κινητήρας συνδέεται με ένα σύστημα ισχύος πολύ μεγαλύτερο από αυτόν ώστε να το βλέπει ως άπειρο ζυγό
- Αυτό σημαίνει ότι η τάση και η συχνότητα παραμένουν σταθερές και ανεξάρτητες από την ισχύ εξόδου του κινητήρα. Ακόμη η ταχύτητα του προσδιορίζεται από τη συχνότητα της τάσης τροφοδοσίας και έτσι δεν εξαρτάται καθόλου από το φορτίο του



ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Η εξίσωση ροπής είναι:

$$\tau_{ind} = k B_R B_{net} \sin \delta$$

$$\tau_{ind} = \frac{3 V_\phi E_A \sin \delta}{\omega_m X_s}$$

- Προφανώς η μέγιστη ροπή αναπτύσσεται για γωνία δ 90 μοιρών, αν και η ροπή ενός πραγματικού κινητήρα στην πλήρη φόρτιση είναι δύο με τρεις φορές μικρότερη από τη μέγιστη ροπή
- Αν η ροπή του κινητήρα ξεπεράσει τη ροπή ανατροπής, το πεδίο του στάτη και το συνολικό μαγνητικό πεδίο (B_{net}) δεν μπορούν πλέον να συγκρατήσουν το δρομέα της μηχανής

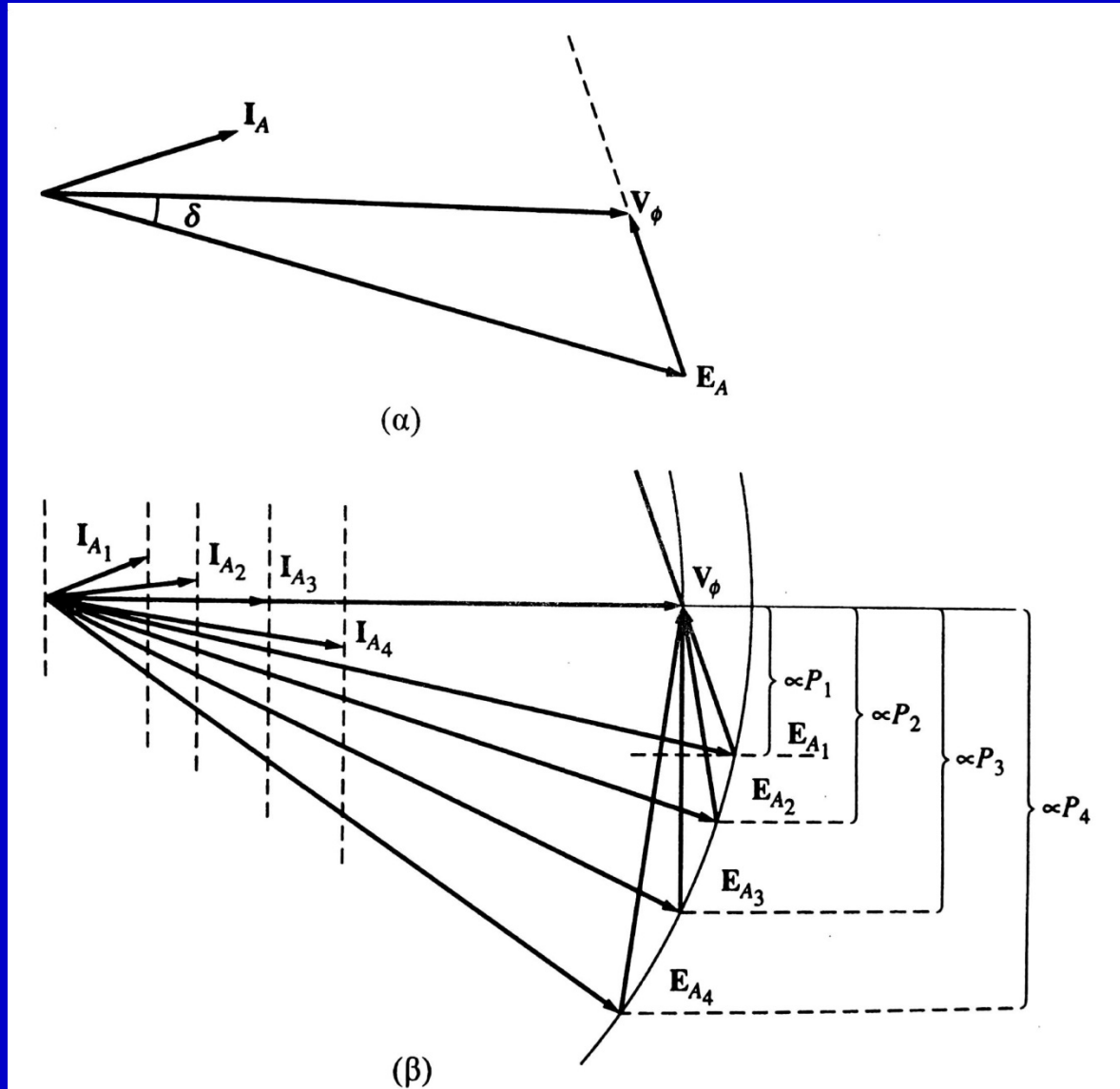
ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Έτσι ο δρομέας αρχίζει να επιβραδύνεται και το πεδίο του μένει πολύ πίσω από το πεδίο του στάτη
- Κάθε φορά που το πεδίο του στάτη υπερβαίνει κατά μία περιστροφή το πεδίο του δρομέα, η φορά της επαγόμενης ροπής αλλάζει πρόσημο
- Αυτές οι απότομες και πολύ μεγάλες αλλαγές στη ροπή προκαλούν ισχυρές δονήσεις στον κινητήρα και αναφέρονται ως απώλεια συγχρονισμού
- Η μέγιστη ροπή του κινητήρα δίνεται από:

$$\tau_{ind} = k B_R B_{net}$$

$$\tau_{ind} = \frac{3V_{\phi} E_A}{\omega_m X_S}$$

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Στον κινητήρα με χωρητικό συντελεστή ισχύος η αύξηση του φορτίου της μηχανής προκαλεί την επιβράδυνση της, πράγμα που σημαίνει ότι η γωνία δ και η επαγόμενη ροπή θα αυξηθούν
- Η αύξηση όμως της ροπής επιταχύνει και πάλι τον κινητήρα, μέχρις ότου αποκτήσει και πάλι τη σύγχρονη ταχύτητα. Όμως τώρα η γωνία ροπής δ είναι μεγαλύτερη
- Στο λειτούργια του κινητήρα πριν τη μεταβολή του φορτίου η τάση $E_A (=k\phi\omega)$ που παράγεται στο εσωτερικό της μηχανής εξαρτάται αποκλειστικά από το ρεύμα διέγερσης και την ταχύτητα της μηχανής
- Η ταχύτητα της μηχανής είναι σταθερή και καθορίζεται από τη συχνότητα της τάσης εισόδου
- Το ρεύμα διέγερσης παραμένει και αυτό σταθερό

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

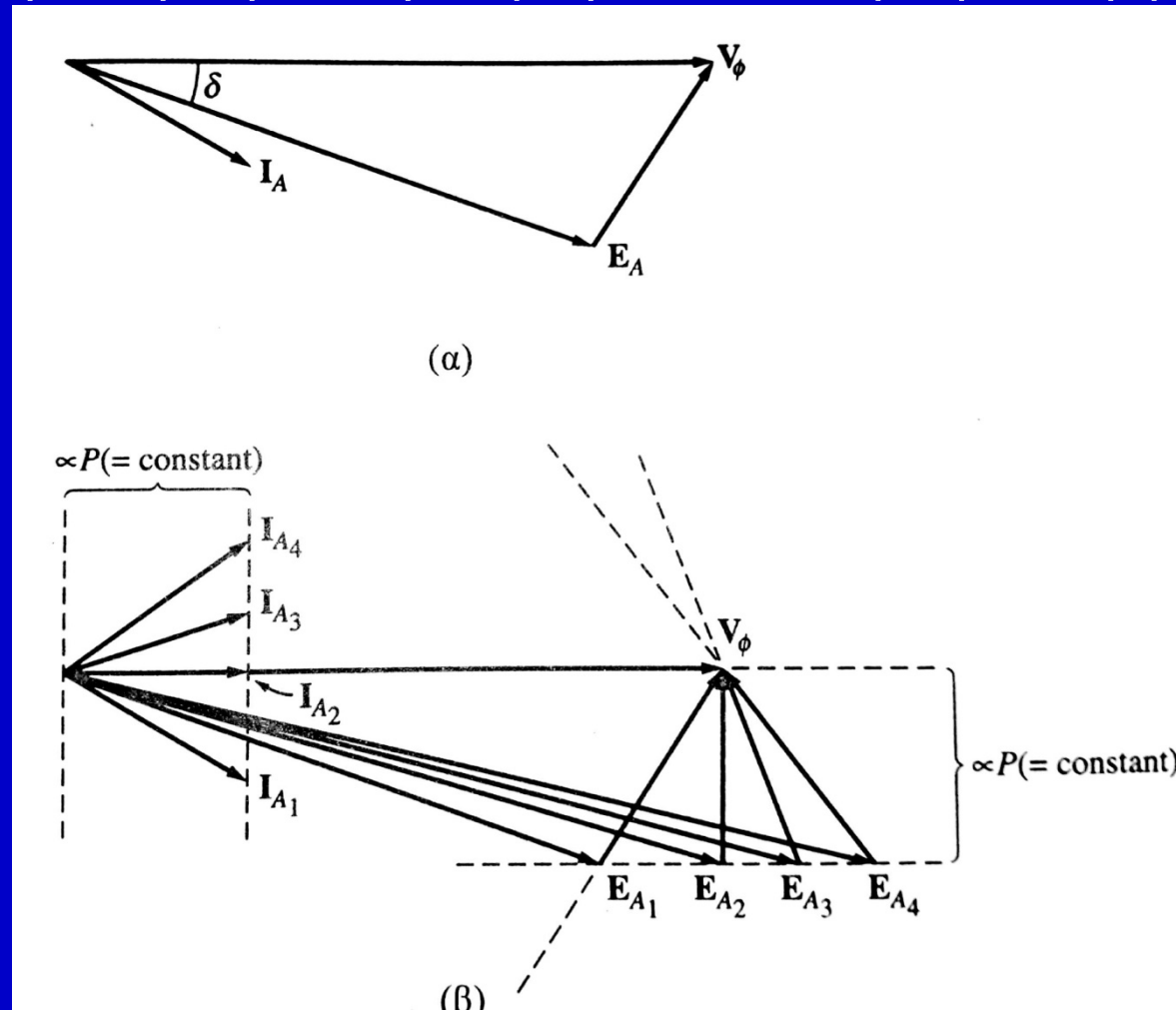
- Άρα το μέτρο της τάσης E_A πρέπει να διατηρείται σταθερό κατά τη μεταβολή του φορτίου
- Τα τμήματα $E_A \sin \delta$ και $I_A \cos \theta$ (που είναι ανάλογα της ισχύος) θα αυξηθούν, ενώ το μέτρο της E_A θα παραμείνει σταθερό
- Καθώς το φορτίο αυξάνει, η E_A μετακινείται και η ποσότητα $jX_s I_A$ αυξάνεται, ώστε να βρίσκεται πάντα μεταξύ των άκρων της E_A και τη V_ϕ
- Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρεύματος οπλισμού του κινητήρα
- Το γεγονός ότι η γωνία θ που αντιστοιχεί στο συντελεστή ισχύος αρχικά είναι χωρητική και μειώνεται ενώ κατόπιν αφού γίνει επαγωγική αρχίζει να αυξάνεται

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Άρα το μέτρο της τάσης E_A πρέπει να διατηρείται σταθερό κατά τη μεταβολή του φορτίου
- Τα τμήματα $E_A \sin \delta$ και $I_A \cos \theta$ (που είναι ανάλογα της ισχύος) θα αυξηθούν, ενώ το μέτρο της E_A θα παραμείνει σταθερό
- Καθώς το φορτίο αυξάνει, η E_A μετακινείται και η ποσότητα $jX_s I_A$ αυξάνεται, ώστε να βρίσκεται πάντα μεταξύ των άκρων της E_A και τη V_ϕ
- Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του ρεύματος οπλισμού του κινητήρα
- Το γεγονός ότι η γωνία θ που αντιστοιχεί στο συντελεστή ισχύος αρχικά είναι χωρητική και μειώνεται ενώ κατόπιν αφού γίνει επαγωγική αρχίζει να αυξάνεται

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Εκτός από το φορτίο που εφαρμόζεται στον άξονα ενός ΣΚ, μια ακόμη παράμετρος που μπορεί να μεταβληθεί είναι το ρεύμα διέγερσης



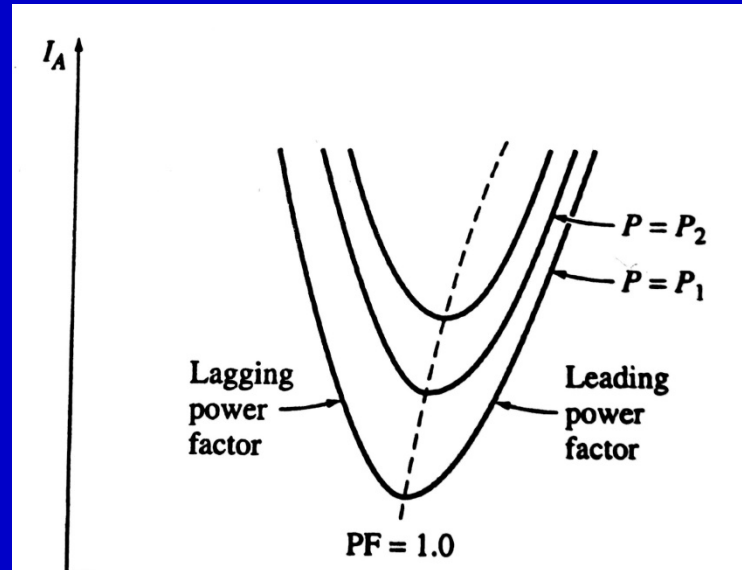
ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Η αύξηση του ρεύματος διέγερσης προκαλεί αύξηση της τάσης E_A αλλά η ισχύς εξόδου του κινητήρα δεν επηρεάζεται καθόλου
- Αυτή μεταβάλλεται μόνο με τη μεταβολή της ροπής φορτίου
- Επειδή η μεταβολή του ρεύματος διέγερσης δε μεταβάλλει την ταχύτητα περιστροφής του κινητήρα, ενώ η ροπή του φορτίου θεωρείται σταθερή, είναι προφανές ότι η ισχύς εξόδου του δεν αλλάζει καθόλου
- Επίσης, η τάση εισόδου V_ϕ είναι σταθερή αφού η τροφοδοσία του παραμένει σταθερή
- Τελικά τα ευθύγραμμα τμήματα $E_A \sin \delta$ και $I_a \cos \theta$ που είναι ανάλογα της ισχύος παραμένουν σταθερά κατά τη μεταβολή του ρεύματος

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Καθώς η ΕΑ αυξάνεται, το ρεύμα οπλισμού I_A αρχικά μειώνεται και κατόπιν αυξάνεται ξανά
- Όταν η ΕΑ παίρνει μικρές τιμές το ρεύμα του οπλισμού είναι επαγωγικό και ο κινητήρας είναι για το κύκλωμα τροφοδοσίας του ένα επαγωγικό φορτίο
- Άρα φαίνεται σαν συνδυασμός μιας αντίστασης και μιας επαγωγής που καταναλώνει άεργο ισχύ Q
- Αν το ρεύμα διέγερσης αυξηθεί περισσότερο, το ρεύμα I_A θα ευθυγραμμιστεί με την τάση V_ϕ και ο κινητήρας θα φαίνεται σαν ωμικό φορτίο
- Ακόμη μεγαλύτερη αύξηση του ρεύματος διέγερσης μετατρέπει το ρεύμα οπλισμού του κινητήρα σε χωρητικό και τον ίδιο τον κινητήρα σε χωρητικό φορτίο

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

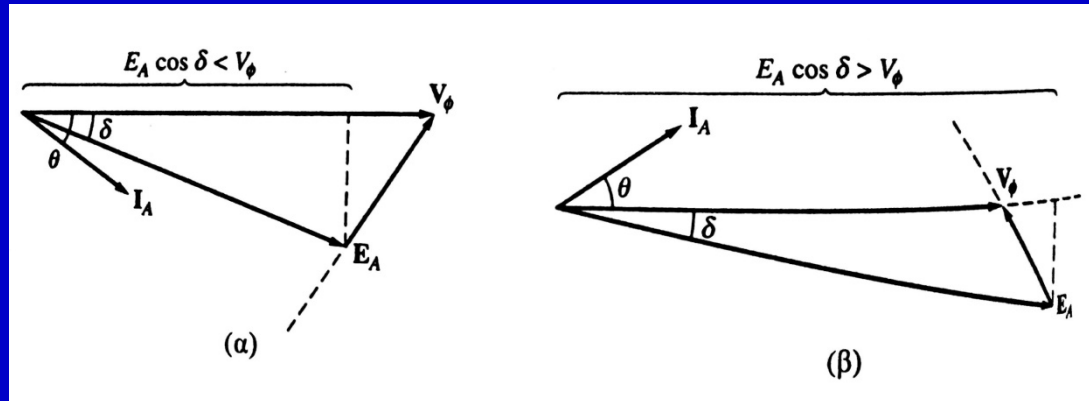


- Εδώ φαίνεται η γραφική παράσταση του ρεύματος οπλισμού I_A του κινητήρα συναρτήσει του ρεύματος διέγερσης του I_F
- Αυτή η καμπύλη ονομάζεται V χαρακτηριστική του ΣΚ
- Αυτές οι χαρακτηριστικές σε ένα ΣΚ είναι άπειρες και η καθεμιά αντιστοιχεί σε διαφορετικό ποσοστό κατανάλωσης ενεργού ισχύος

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ

- Στο χαμηλότερο σημείο μιας τέτοιας καμπύλης (ελάχιστο ρεύμα οπλισμού) αντιστοιχίζεται η περίπτωση που ο κινητήρας καταναλώνει αποκλειστικά ενεργό ισχύ
- Σε οποιαδήποτε άλλο σημείο της καμπύλης ο κινητήρας προσφέρει (στο σύστημα τροφοδοσίας του) ή καταναλώνει άεργο ισχύ
- Όταν το ρεύμα διέγερσης είναι μεγαλύτερο από αυτό που προκαλεί το ελάχιστο ρεύμα οπλισμού, ο κινητήρας προσφέρει στο δίκτυο άεργο ισχύ
- Το συμπέρασμα είναι ότι η άεργος ισχύς που καταναλώνει ή προσφέρει στο δίκτυο ένας ΣΚ είναι δυνατό να ρυθμιστεί μέσω του ρεύματος διέγερσης

ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΚΙΝΗΤΗΡΕΣ



- Ειδικότερα όταν η προβολή της E_A πάνω στη V_ϕ (δηλαδή το $E_A \cos \delta$) είναι μικρότερη από την ίδια τη V_ϕ , τότε ο ΣΚ φαίνεται σαν επαγωγικό φορτίο
- Σε αυτή την περίπτωση ο κινητήρας λειτουργεί με υποδιέγερση
- Στην αντίθετη περίπτωση ο ΣΚ φαίνεται σαν χωρητικό φορτίο (παράγει άεργο ισχύ) και λειτουργεί με υπερδιέγερση