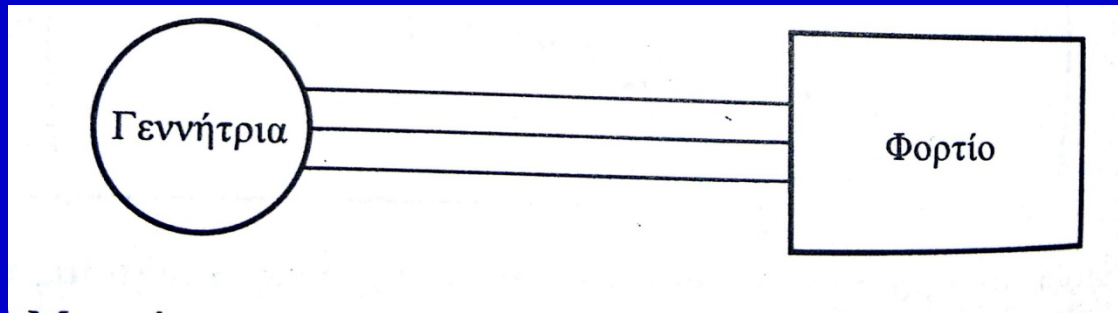


ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

- Οι βασικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη συμπεριφορά μιας ΣΓ όταν αυτή λειτουργεί με κάποιο φορτίο είναι αφενός ο συντελεστής ισχύος του φορτίου και αφετέρου το αν λειτουργεί αυτόνομα ή σε συνεργασία με άλλες γεννήτριες



- Η ΣΓ αναλαμβάνει την τροφοδοσία του φορτίου και εξετάζεται η συμπεριφορά αυτής της γεννήτριας κατά την αύξηση του φορτίου
- Κατά την αύξηση του φορτίου λοιπόν αυξάνεται η ενεργός και/ή η άεργος ισχύς εξόδου της γεννήτριας καθώς και το ρεύμα με το οποίο τροφοδοτεί το συγκεκριμένο φορτίο

ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

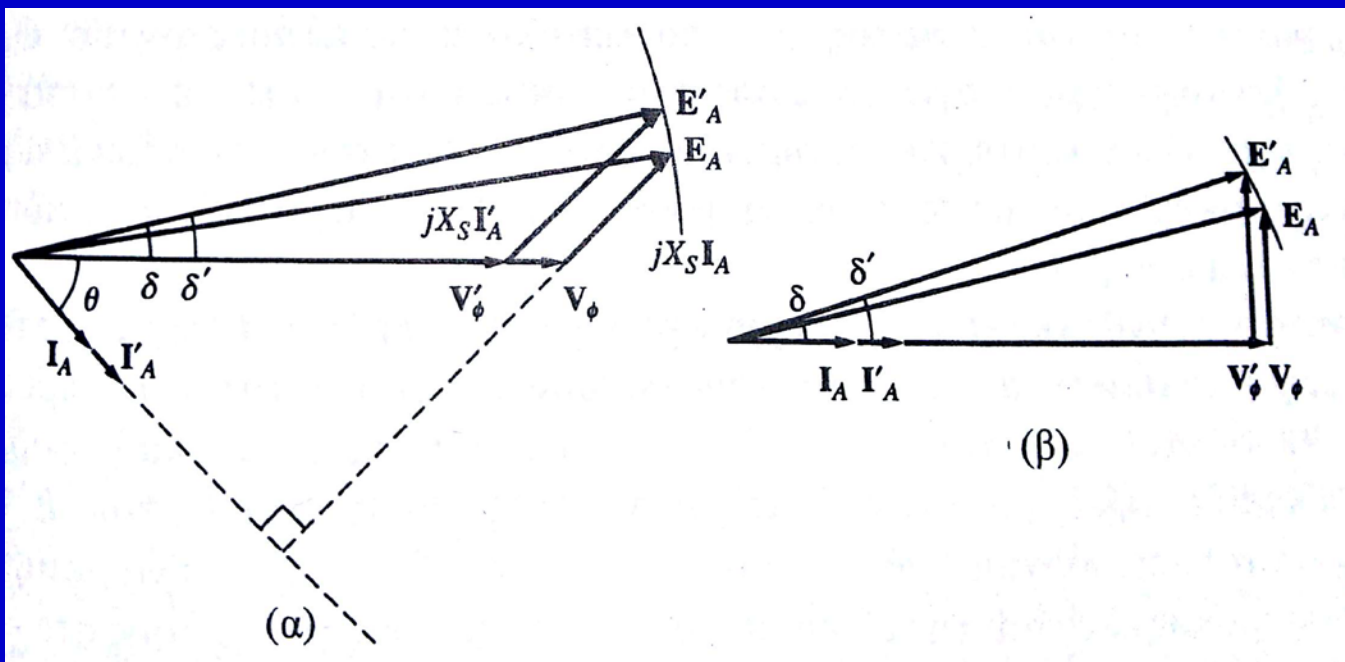
- Στο κύκλωμα διέγερσης δεν συμβαίνει καμία αλλαγή και έτσι τόσο το ρεύμα διέγερσης όσο και η μαγνητική ροή στο εσωτερικό της παραμένουν σταθερά
- Επίσης, επειδή ούτε η ταχύτητα της κινητήριας μηχανής δεν αλλάζει, το πλάτος της τάσης που παράγεται στο εσωτερικό της γεννήτριας $E_A = K\Phi\omega$ παραμένει σταθερό
- Αρχικά το φορτίο της γεννήτριας θεωρείται επαγωγικό. Αν το φορτίο αυτό αυξηθεί με τέτοιο τρόπο ώστε το $\cos\phi$ του να παραμείνει σταθερό, το μέτρο του ρεύματος I_A θα αυξηθεί ενώ η φάση του δεν θα μεταβληθεί
- Αυτό σημαίνει ότι η πτώση τάσης λόγω της αντίδρασης οπλισμού θα αυξηθεί επίσης, διατηρώντας όμως σταθερή τη φάση της

ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

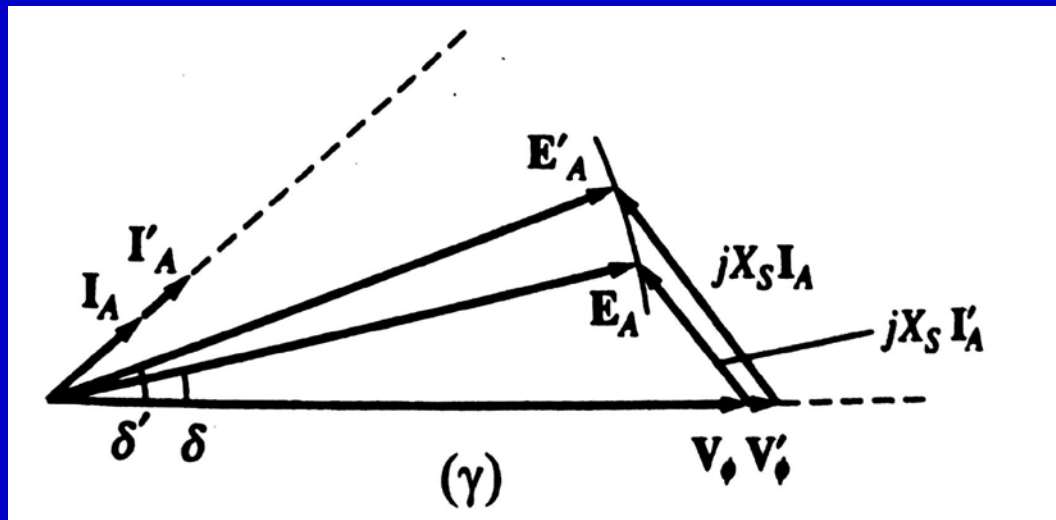
- Τώρα επειδή

$$\mathbf{E}_A = \mathbf{V}_\phi + j\mathbf{X}_S \mathbf{I}_A$$

- Το διάνυσμα $j\mathbf{X}_S \mathbf{I}_A$ θα πρέπει να βρίσκεται μεταξύ των $\mathbf{E}_A$ και $\mathbf{V}_\phi$
- Όμως η $\mathbf{E}_A$ πρέπει να παραμείνει στην τιμή που είχε πριν την αύξηση του φορτίου



- Ας υποθεθεί τώρα ότι το φορτίο της γεννήτριας είναι αρχικά ωμικό και ότι αυξάνεται χωρίς να αλλάξει ο συντελεστής ισχύος του
- Με βάση τους προηγούμενους περιορισμούς φαίνεται ότι η αύξηση του φορτίου στην περίπτωση αυτή προκαλεί μικρή μείωση στην τάση V_{ϕ}
- Αν τώρα το φορτίο της γεννήτριας θεωρηθεί ότι είναι χωρητικό και ότι αυξάνεται διατηρώντας σταθερό το συντελεστή ισχύος τότε η τάση V_{ϕ} αυξάνεται



ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

- Το αποτέλεσμα αυτό είναι γενικά απρόσμενο διότι σπάνια παρουσιάζεται αύξηση της τάσης μιας γεννήτριας με αύξηση του φορτίου της
- Συμπερασματικά:
 1. Η σύνδεση νέων επαγωγικών φορτίων στα άκρα της ΣΓ προκαλεί σημαντική μείωση των τάσεων V_ϕ και V_T στα άκρα της
 2. Η σύνδεση νέων ωμικών φορτίων στα άκρα της ΣΓ προκαλεί μικρή μείωση των τάσεων V_ϕ και V_T στα άκρα της
 3. Τέλος, η σύνδεση νέων χωρητικών φορτίων στα άκρα της ΣΓ προκαλεί αύξηση των τάσεων V_ϕ και V_T στα άκρα της

ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

- Για τη σύγκριση 2 ΣΓ με αναφορά στη συμπεριφορά της τάσης στα άκρα τους χρησιμοποιείται συχνά το μέγεθος της διακύμανσης τάσης που ορίζεται ως εξής:

$$VR = \frac{V_{n1} - V_n}{V_n} \times 100\%$$

Όπου V_{n1} η τάση στα άκρα της ΣΓ χωρίς φορτίο και V_n η τάση με πλήρες φορτίο

- Όταν η ΣΓ λειτουργεί με επαγωγικό φορτίο η διακύμανση της τάσης έχει αρκετά μεγάλη θετική τιμή
- Όταν λειτουργεί με ωμικό φορτίο η ΣΓ εμφανίζει μικρή θετική διακύμανση τάσης ενώ με χωρητικό φορτίο η διακύμανση τάσης είναι αρνητική

ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

- Σε κανονικές συνθήκες λειτουργίας μια γεννήτρια θα πρέπει να παράγει σταθερή τάση ανεξάρτητα από τις αλλαγές που συμβαίνουν στο φορτίο της
- Η πιο προφανής μέθοδος είναι η διόρθωση της τάσης E_A κάθε φορά που συμβαίνει κάποια αλλαγή στο φορτίο της γεννήτριας
- Όμως επειδή $E_A = K\phi\omega$ και η συχνότητα λειτουργίας ενός τέτοιου συστήματος δεν πρέπει να μεταβάλλεται, ο μόνος τρόπος ελέγχου της E_A είναι η ρύθμιση της μαγνητικής ροής
- Ας θεωρηθεί μια ΣΓ στην οποία συνδέεται επαγωγικό φορτίο – η τάση στα άκρα της θα μειωθεί
- Για να αυξηθεί ξανά, μειώνεται η τιμή της αντίστασης διέγερσης R_F
- Τότε το ρεύμα διέγερσης θα αυξηθεί

ΑΥΤΟΝΟΜΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΧΡΟΝΗΣ ΓΕΝΗΤΡΙΑΣ

- Έτσι η μαγνητική ροή θα αυξηθεί, αυξάνοντας την τάση ΕΑ που αναπτύσσεται στα τυλίγματα του στάτη
- Το τελικό αποτέλεσμα είναι η αύξηση της φασικής τάσης στην έξοδο της γεννήτριας
- Η διαδικασία αυτή συνοψίζεται ως εξής:
 1. Η μείωση της αντίστασης διέγερσης αυξάνει το ρεύμα διέγερσης
 2. Η αύξηση του ρεύματος διέγερσης προκαλεί αύξηση της μαγνητικής ροής στο εσωτερικό της γεννήτριας
 3. Η αύξηση της ροής προκαλεί αύξηση της τάσης ΕΑ που παράγεται στο εσωτερικό της μηχανής
 4. Η αύξηση της ΕΑ προκαλεί αύξηση της φασικής τάσης V_{ϕ} της γεννήτριας

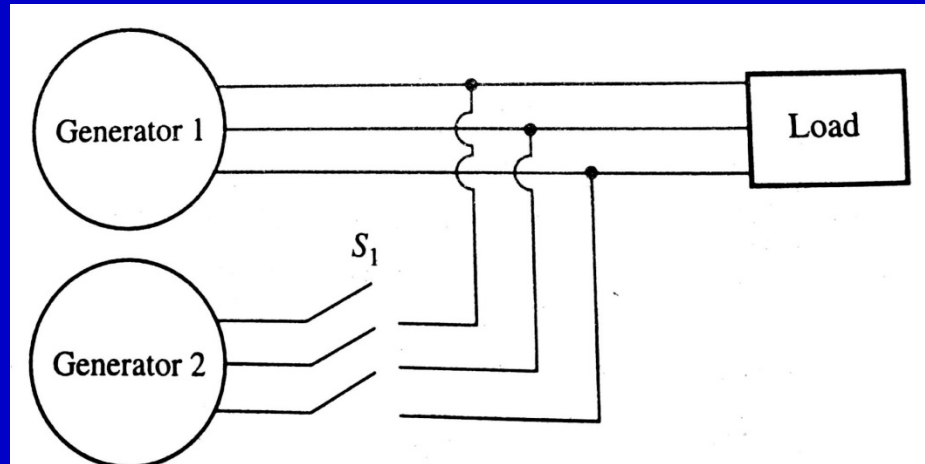
ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΡ

- Η αυτόνομη λειτουργία ΣΓ είναι πολύ σπάνια. Σχεδόν πάντα εμφανίζονται πάνω από μία γεννήτριες που συνδέονται παράλληλα για την ικανοποίηση των απαιτήσεων του φορτίου
- Τα πιο σημαντικά πλεονεκτήματα του παραλληλισμού ΣΓ είναι:
 1. Το μέγεθος του φορτίου που μπορούν να τροφοδοτήσουν περισσότερες από μία γεννήτριες είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που είναι ικανή να τροφοδοτήσει μόνο μία γεννήτρια
 2. Η αξιοπιστία ενός τέτοιου συστήματος είναι πολύ μεγαλύτερη, καθώς τυχόν βλάβη σε μία από τις γεννήτριες δεν αφήνει το φορτίο χωρίς τροφοδοσία

ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΣ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΡ

3. Όταν πολλές σύγχρονες γεννήτριες λειτουργούν παράλληλα, είναι δυνατή η απομάκρυνση και η διακοπή της λειτουργίας της μιας από αυτές χωρίς να υπάρχουν επιπτώσεις στο δίκτυο, ώστε σε τακτά χρονικά διαστήματα να υποβάλλεται σε προληπτική συντήρηση
4. Μια γεννήτρια που λειτουργεί αυτόνομα θα πρέπει να εργάζεται σε συνθήκες πλήρους φόρτισης για να έχει ικανοποιητική απόδοση. Όμως στην περίπτωση του παραλληλισμού περισσότερων γεννητριών είναι δυνατή η λειτουργία μερικών μόνο από αυτές. Έτσι οι γεννήτριες που είναι ενεργοποιημένες κάθε φορά λειτουργούν σε πλήρη φόρτιση και με τη μέγιστη απόδοση

ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΡ



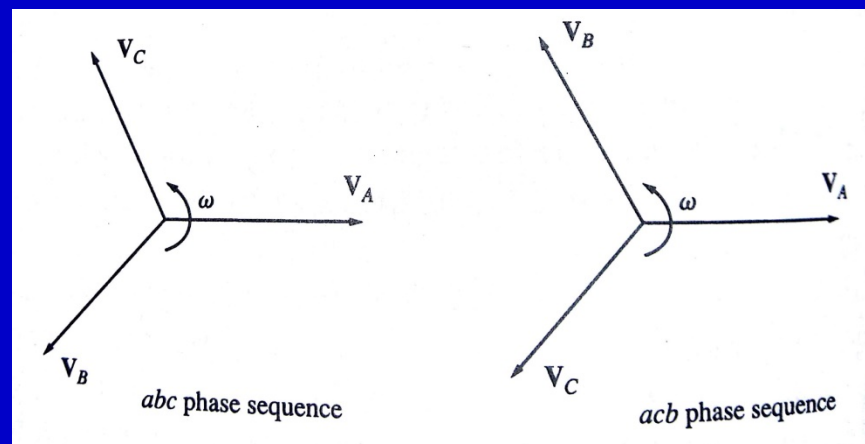
- Αν ο διακόπτης κλείσει κάποια αυθαίρετη χρονική στιγμή, το πιο σίγουρο είναι ότι οι γεννήτριες θα υποστούν σοβαρή βλάβη και το φορτίο θα πάψει να τροφοδοτείται με ισχύ
- Αυτό θα συμβεί επειδή οι τάσεις στους αγωγούς που πρόκειται να συνδεθούν μεταξύ τους δεν είναι γενικά ίσες μεταξύ τους και έτσι τα ρεύματα που θα αναπτυχθούν με το κλείσιμο του διακόπτη θα είναι τεράστια

ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΡ

- Για να μη συμβεί αυτό θα πρέπει οι τάσεις και των 3 φάσεων της γεννήτριας G2 να είναι ακριβώς ίσες σε μέτρο και φάση με αυτές των αγωγών στους οποίους πρόκειται να συνδεθούν
- Κοινώς, οι τάσεις μεταξύ των φάσεων a και a' θα πρέπει να είναι ακριβώς ίσες, όπως και οι τάσεις μεταξύ των b και b' και μεταξύ των c και c'
- Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να ικανοποιούνται οι παρακάτω προϋποθέσεις παραλληλισμού ΣΓ:
 1. Οι ενεργές τιμές των πολικών τάσεων στα άκρα των 2 γεννητριών να είναι ίσες
 2. Η σειρά διαδοχής των φάσεων στις 2 γεννήτριες να είναι ίδια
 3. Οι φάσεις των τάσεων στις φάσεις a και a' να είναι ίσες
 4. Η συχνότητα της γεννήτριας που πρόκειται να εισαχθεί στο σύστημα και που ονομάζεται γεννήτρια προς παραλληλισμό να είναι ελαφρά μεγαλύτερη από τη συχνότητα λειτουργίας του υπάρχοντος συστήματος

ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΡ

- Η 1^η συνθήκη είναι προφανής αφού για να είναι όμοιες οι τάσεις των φάσεων που πρόκειται να συνδεθούν μεταξύ τους θα πρέπει ίσες ενεργές τιμές
- Για να είναι οι τάσεις των φάσεων α και α' εντελώς όμοιες θα πρέπει να έχουν την ίδια φάση, όπως απαιτεί και η 3^η προϋπόθεση
- Με τη 2^η προϋπόθεση εξασφαλίζεται ότι οι τάσεις των φάσεων που πρόκειται να συνδεθούν μεταξύ τους θα παρουσιάζουν μέγιστο την ίδια χρονική στιγμή



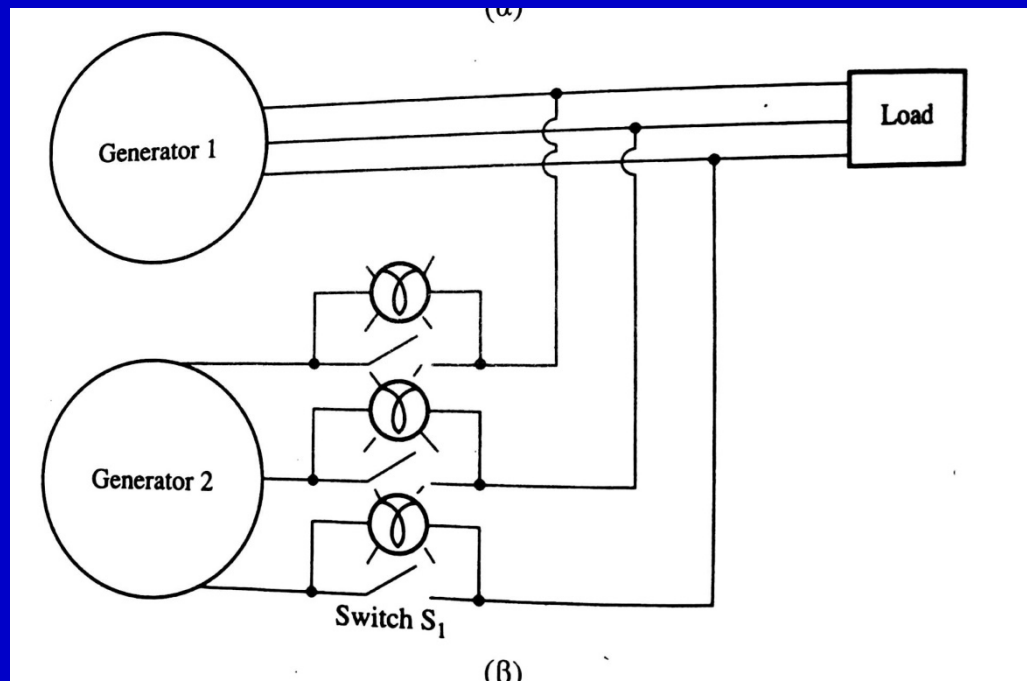
ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΡ

- Αν δεν συμβαίνει αυτό τότε οι τάσεις στο ένα ζεύγος των φάσεων θα είναι σε φάση ενώ οι τάσεις των δύο άλλων ζευγών θα διαφέρουν κατά 120 μοίρες
- Σε αυτή την περίπτωση αν και δεν θα υπήρχε πρόβλημα με τη φάση α, στις άλλες 2 φάσεις θα αναπτύσσονταν ρεύματα ικανά να καταστρέψουν τις 2 γεννήτριες. Η διόρθωση της σειράς διαδοχής των φάσεων μπορεί να γίνει με την αντιμετάθεση στις συνδέσεις των 2 φάσεων σε μία από τις 2 γεννήτριες
- Στην περίπτωση διαφορετικών συχνοτήτων ο παραλληλισμός θα προκαλούσε ισχυρά μεταβατικά φαινόμενα ώσπου το σύστημα να σταθεροποιηθεί σε μία κοινή συχνότητα

ΠΡΟΥΠΟΘΕΣΕΙΣ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΥΓΧΡΟΝΩΝ ΓΕΝΝΗΤΡΙΩΝ ΕΡ

- Οι συχνότητες των 2 γεννητριών δεν είναι δυνατό, ούτε πρέπει να είναι ακριβώς ίσες
- Η διαφορά τους θα πρέπει να είναι πολύ μικρή ώστε οι φάσεις των τάσεων της γεννήτριας προς παραλληλισμό να μεταβάλλονται πολύ αργά σε σχέση με τις φάσεις των τάσεων της υπάρχουσας γεννήτριας
- Με αυτόν τον τρόπο είναι εύκολο να παρατηρηθούν οι φάσεις μεταξύ όλων των τάσεων και ο διακόπτης να κλείσει ακριβώς τη στιγμή που οι αντίστοιχες τάσεις βρίσκονται σε φάση

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΓ

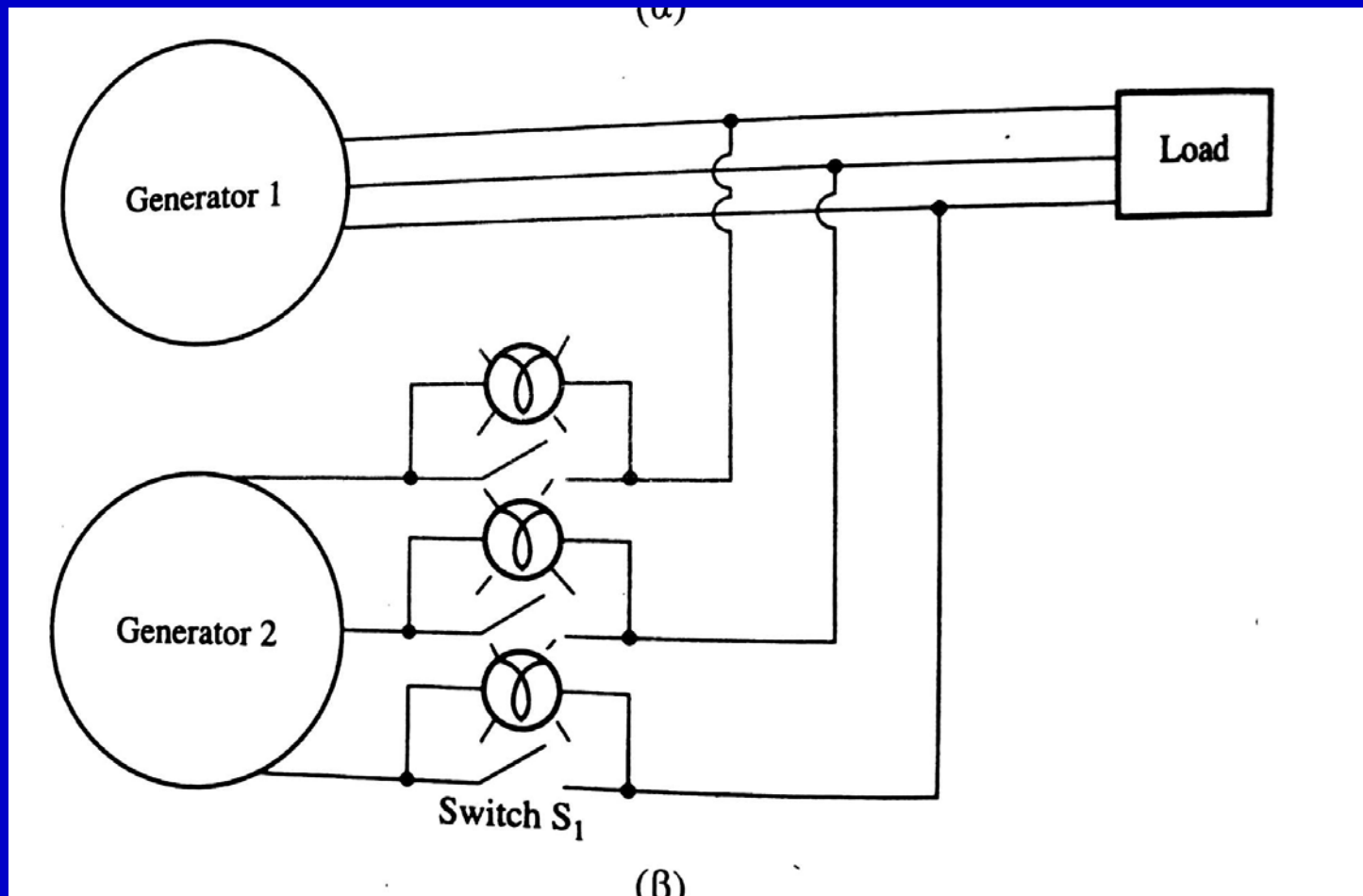


- Βήμα 1: ρυθμίζεται το ρεύμα διέγερσης της γεννήτριας προς παραλληλισμό G2 ενώ ταυτόχρονα μετριοούνται οι πολικές τάσεις στην έξοδο της ώστε να είναι ίσες με τις αντίστοιχες πολικές τάσεις της γεννήτριας G1

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΓ

- Βήμα 2: συγκρίνεται η σειρά διαδοχής των φάσεων των 2 γεννητριών χρησιμοποιώντας διάφορες μεθόδους. Μία από αυτές είναι η σύνδεση ενός επαγωγικού κινητήρα διαδοχικά στα άκρα των 2 γεννητριών
- Αν ο κινητήρας περιστρέφεται και στις 2 δοκιμές με την ίδια φορά, τότε η σειρά διαδοχής των φάσεων είναι η ίδια
- Στην αντίθετη περίπτωση αντιστρέφεται η σύνδεση των 2 από τις 3 φάσεις της γεννήτριας προς παραλληλισμό και επιτυγχάνεται η σωστή σειρά διαδοχής των φάσεων
- Ένας άλλος τρόπος για τον έλεγχο διαδοχής των φάσεων είναι μέσω λαμπτήρων φωτισμού

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΓ



ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΓ

- Στα άκρα του ανοιχτού διακόπτη συνδέονται 3 λάμπες φωτισμού
- Καθώς η διαφορά φάσης μεταξύ των άκρων της κάθε λάμπας μεταβάλλεται, η αντίστοιχη λάμπα αποκτά μεγάλη φωτεινότητα (μεγάλη διαφορά φάσης) και κατόπιν παρουσιάζει μικρή φωτεινότητα (μικρή διαφορά φάσης)
- Αν όλες οι λάμπες αποκτούν ταυτόχρονα τη μέγιστη και την ελάχιστη φωτεινότητα, τότε οι 2 γεννήτριες παρουσιάζουν την ίδια σειρά διαδοχής των φάσεων
- Στην περίπτωση που οι λάμπες αποκτούν τη μέγιστη φωτεινότητα τους σε διαδοχικές χρονικές στιγμές, η σειρά διαδοχής των φάσεων στη γεννήτρια προς παραλληλισμό θα πρέπει να διορθωθεί

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΓ

- Η διαδικασία παραλληλισμού συνεχίζεται με τη ρύθμιση της συχνότητας της νέας γεννήτριας σε τιμή λίγο μεγαλύτερη από τη συχνότητα της υπάρχουσας γεννήτριας
- Αυτό γίνεται αρχικά με μέτρηση της συχνότητας με ένα συχνόμετρο και κατόπιν με τον έλεγχο της διαφοράς φάσης που παρουσιάζουν τα 2 συστήματα
- Η γεννήτρια προς παραλληλισμό θα πρέπει να διαθέτει λίγο μεγαλύτερη συχνότητα ώστε να εισαχθεί στο σύστημα σαν γεννήτρια προσφέροντας ενέργεια και όχι σαν κινητήρας
- Ένας απλός τρόπος για την πραγματοποίηση του παραλληλισμού ακριβώς την κατάλληλη χρονική στιγμή είναι η παρατήρηση του συστήματος με τις 3 λάμπες

ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΓ

- Όταν τα 2 συστήματα βρίσκονται σε φάση, οι λάμπες δεν εμφανίζουν στα άκρα τους διαφορά δυναμικού και είναι συνεχώς σβηστές
- Εκείνη τη στιγμή μπορεί να γίνει ο παραλληλισμός
- Αυτός ο τρόπος είναι αρκετά απλός αλλά σχετικά ανακριβής
- Μία άλλη μέθοδος είναι με τη χρήση ενός οργάνου που ονομάζεται συγχρονισκόπιο. Αυτό το όργανο μπορεί να μετρήσει τη διαφορά φάσης μεταξύ 2 φάσεων που πρόκειται να συνδεθούν



ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΠΑΡΑΛΛΗΛΙΣΜΟΥ ΣΓ

- Η ένδειξη ενός συγχρονοσκόπιου είναι η διαφορά φάσης μεταξύ των σημείων στα οποία συνδέεται και οι ενδείξεις 0 και 180 μοίρες βρίσκονται στο πάνω μέρος και στη βάση του αντίστοιχα
- Στην περίπτωση εδώ οι 2 συχνότητες έχουν μικρή διαφορά και έτσι η βελόνα του οργάνου περιστρέφεται αργά
- Ακόμη, επειδή η συχνότητα της γεννήτριας προς παραλληλισμό είναι μεγαλύτερη, η βελόνα περιστρέφεται ωρολογιακά. Στην αντίθετη περίπτωση θα περιστρεφόταν ανθρωρολογιακά
- Μόνο όταν η βελόνα του συγχρονοσκόπιου δείχνει κατακόρυφα προς τα επάνω, είναι επιτρεπτή η σύνδεση των 2 γεννητριών

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ f-P ΚΑΙ V-Q

- Η αύξηση της ισχύος που προσφέρουν στη γεννήτρια οι εξωτερικές κινητήριες μηχανές προκαλούν μείωση της ταχύτητας περιστροφής τους
- Αυτή η μείωση δεν είναι γενικά γραμμική αλλά συνήθως εισάγεται στο σύστημα ένα είδος μηχανισμού ελέγχου που κάνει τη μείωση της ταχύτητας της κινητήριας μηχανής γραμμική κατά την αύξηση της ισχύος που αυτή προσφέρει στη γεννήτρια
- Ο μηχανισμός ελέγχου έχει συνήθως τη δυνατότητα να δίνει στην ταχύτητα της κινητήριας μηχανής κάποια φθίνουσα χαρακτηριστική με μικρή κλίση καθώς το φορτίο της γεννήτριας αυξάνεται
- Αυτή η “πτώση” της ταχύτητας της κινητήριας μηχανής περιγράφεται από την εξίσωση:

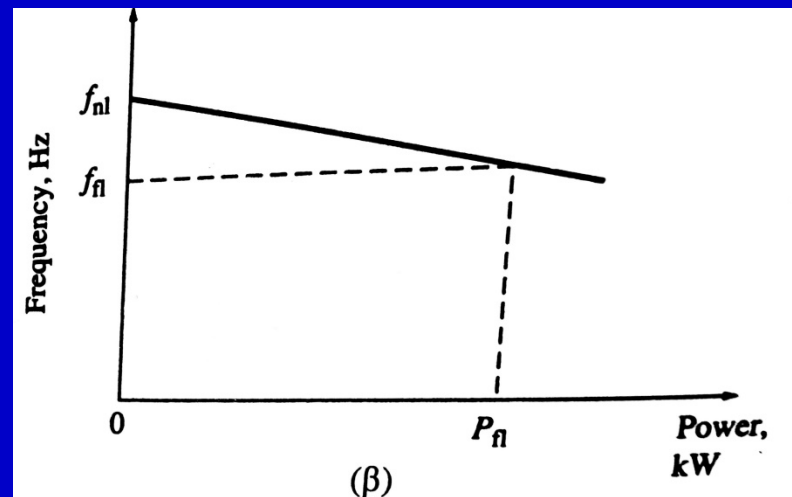
$$SD = \frac{n_{n1} - n_{f1}}{n_{f1}} \times 100\%$$

ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ f-P ΚΑΙ V-Q

- Οι πιο συνηθισμένες τιμές της πτώσης της ταχύτητας των κινητήριων μηχανών είναι 2 με 4%
- Επειδή η ταχύτητα περιστροφής της γεννήτριας συνδέεται με την ηλεκτρική της συχνότητα μέσω της σχέσης:

$$f_e = \frac{n_m P}{120}$$

- Συνεπάγεται ότι και η ισχύς εξόδου της γεννήτριας θα συνδέεται με την ηλεκτρική συχνότητα της



ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ f-P ΚΑΙ V-Q

- Η σχέση μεταξύ ισχύος και ηλεκτρικής συχνότητας εκφράζεται ποσοτικά με την εξίσωση:

$$P = s_p (f_{n1} - f_{sys})$$

- Μια παρόμοια εξίσωση είναι δυνατό να περιγράψει τη σχέση της άεργης ισχύος με την τάση V_T στα άκρα της γεννήτριας
- Η εισαγωγή επαγωγικού φορτίου στα άκρα της γεννήτριας προκαλεί μείωση της τάσης V_T ενώ η εισαγωγή χωρητικού φορτίου αυξάνει την τάση V_T

