



Кафедра

Автоматизированные  
Электрические Системы



Уральский  
федеральный  
университет

имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина

Уральский  
энергетический  
институт

# Асинхронный ход

Выполнили:

Столяров С.В.

Власова О.В.

Хуснуллин Р.В.

Максимов М.Н.

Лесик Д.Г.



## Понятие Асинхронного хода

Асинхронный режим – это режим работы электрической системы при большом отклонении скорости вращения роторов генераторов или двигателей от синхронной.

Причины возникновения асинхронного режима:

- Потеря возбуждения генератора
- Нарушение динамической устойчивости
- Нарушение статической устойчивости



Для асинхронных режимов характерно периодическое изменение вектора э.д.с. хотя бы одной станции системы на угол, больший  $360$  градусов. Эта станция называется работающей или идущей асинхронно (асинхронный ход или асинхронный режим).

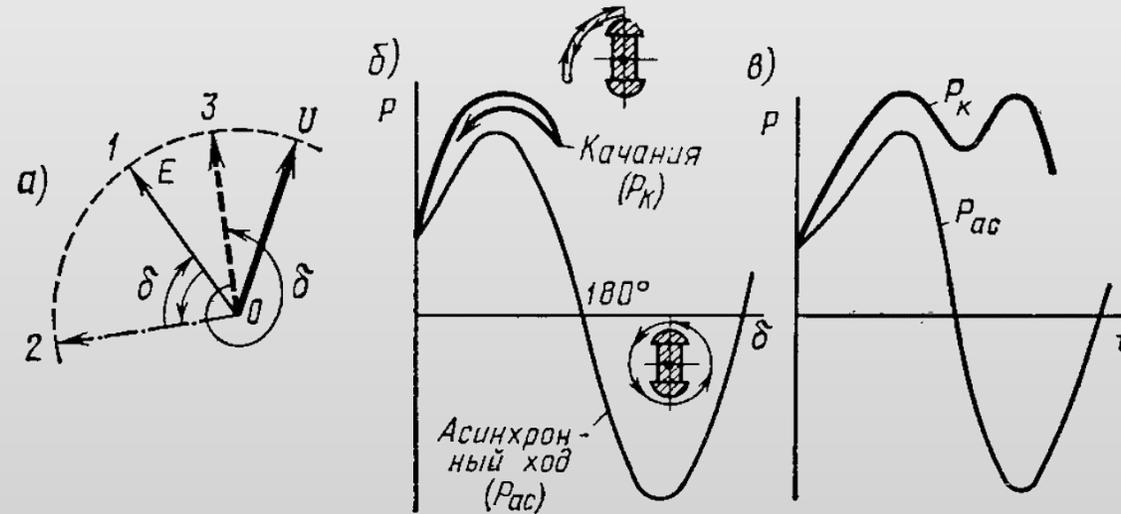


Рис.1. К определению асинхронного хода



- Во время асинхронного хода изменяется не только мощность  $P$ , но и токи статора  $I$  и ротора  $I_{\text{в}} = E_{\text{д}}$ , а также результирующее потокоцепление обмотки возбуждения — э.д.с. Э.д.с.  $E_q$  и  $E_q'$  пульсируют около некоторого среднего значения.
- Следует обратить внимание на то, что для больших качаний в отличие от асинхронного хода характерен провал в зависимости  $P = f(t)$ , появляющийся при переходе угла  $\delta$  за  $90^\circ$ . Для асинхронного хода характерно именно периодическое изменение знака синхронной мощности.

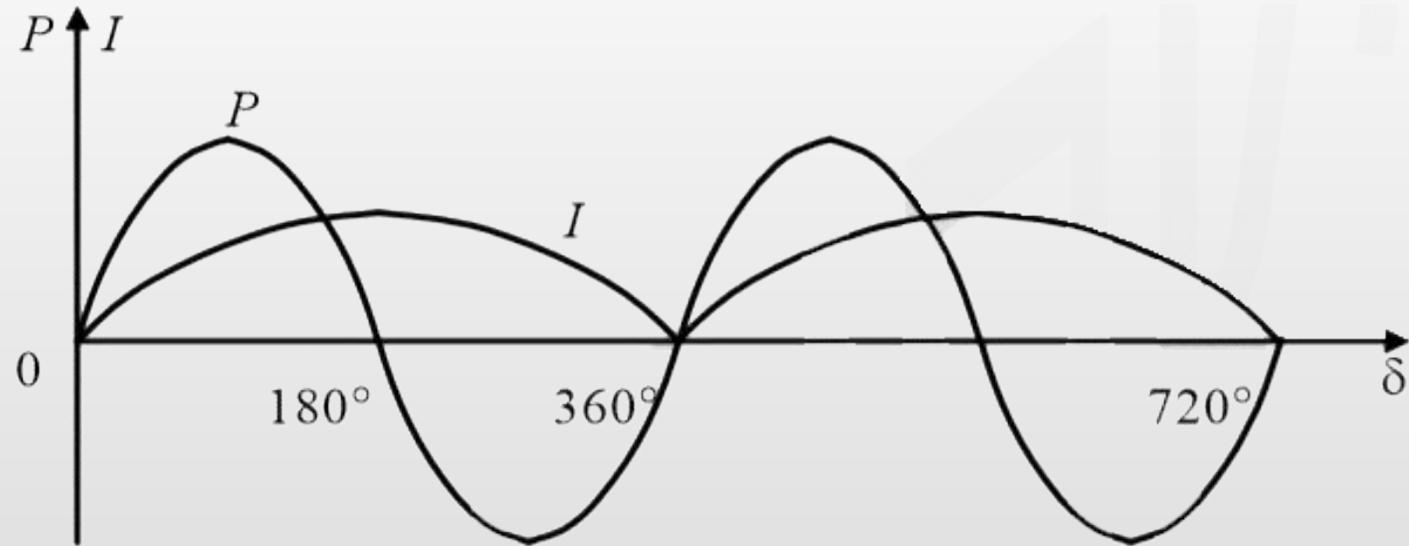


Рис. 9.5. График изменения тока  $I(\delta)$  и активной мощности  $P(\delta)$  генератора

- Из графика следует, что асинхронный режим генератора является очень тяжёлым режимом – через генератор протекает большой уравнительный ток, а активная мощность принимает
- весьма большие значения при углах  $\delta = 90^\circ + n \cdot 180^\circ$ , где  $n = 0, 1, 2 \dots$  и меняет свой знак в течение одного поворота ротора.



## Последствия асинхронного хода

- *Глубокие снижения напряжения в электрической.*
- *Повреждения элементов электрической сети из-за больших токов перегрузки.*
- *Повреждение оборудования.*





- Глубокие снижения напряжения при двухчастотном асинхронном режиме могут привести к его *развитию в трехчастотный и многочастотный асинхронный ход.*
- *Возникновение дефицита активной мощности.*
- Глубокие колебания параметров электрического режима могут приводить к *ложной работе устройств релейной защиты и противоаварийной автоматики.*





# Опасность асинхронного режима

- Опасность асинхронного режима заключается в возникновении больших токов от одной энергосистемы к другой, из-за чего генераторы переходят в режим потребления, и этот процесс сопровождается значительными отклонениями напряжения. Все это создает опасность нарушения устойчивости остальных генераторов (колебания активной мощности создают значительные моменты на валу генераторов) и двигателей (опрокидывание двигательной нагрузки, что приводит к лавине напряжения).



## Средства предотвращения асинхронного режима

Средством для предотвращения асинхронного режима относятся устройства АЛАР (АПАХ – Устаревшее).

На слайде изображено межпроцессорное устройство АЛАР-М

В его перечень функций входит выявление и ликвидация асинхронного режима, диагностика и локализация неисправностей.

Так же устройство может работать в трёхступенчатом режиме, обеспечивая на каждой ступени формирование выходных сигналов соответствующих избыточной и дефицитной частей ЭЭС.





Кафедра

Автоматизированные  
Электрические Системы



Уральский  
федеральный  
университет

имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина

Уральский  
энергетический  
институт

# Ликвидация асинхронного режима

- Существует два способа ликвидации асинхронного режима: ресинхронизация и разделение асинхронно работающих частей энергосистемы.





- Ресинхронизация – процесс выставления синхронизма из состояния асинхронного режима. Для этого принимаются меры направленные на выравнивание частот несинхронно рабочих частей энергосистемы.  
Для энергосистемы, работающей с повышенной частотой – быстрая разгрузка генераторов или отключение части генераторов.  
Для энергосистемы, работающей с пониженной частотой – производится быстрая загрузка генераторов.



- Разделение асинхронно работающих частей энергосистемы.
- Выполняется в том случае, когда недопустим длительный асинхронный режим или когда ресинхронизация невозможна. Такое деление сети немедленно ликвидирует асинхронный режим, не требуя дальнейшей ресинхронизации. Сечение деления должно быть таким, чтобы деление по нему создавало минимальный небаланс в разделившихся частях энергосистемы.





## Задача. Анализ устойчивости динамического перехода методом площадей.

- Для схемы электрической системы, приведённой на рисунке 1, выполнить анализ устойчивости заданного динамического перехода методом площадей. Аварийный режим – трёхфазное короткое замыкание, в послеаварийном режиме повреждённая линия отключается при  $\delta_{\text{откл}} = 50^\circ$ . Характеристика системы  $P_0 = 900 \text{ МВт}$ ;  $P^1 = 1500 \cdot \sin\delta$ ;  $P^3 = 1100 \cdot \sin\delta$ .
- В случае если режим устойчив, определить, при каком угле отключения аварии произойдёт нарушение устойчивости.



- ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ.
- $P_0 = 900 \text{ МВт}$
- $P^1 = P_{\text{НР}}^{\text{max}} = 1500 \cdot \sin\delta$
- $P^3 = P_{\text{ПАР}}^{\text{max}} = 1100 \cdot \sin\delta$
- $\delta_{\text{откл}} = 50^\circ = 0,87 \text{ рад}$
- Мощность в аварийном режиме при трёхфазном коротком замыкании равна нулю  $P^2 = P_{\text{АР}}^{\text{max}} = 0 \text{ МВт}$ .

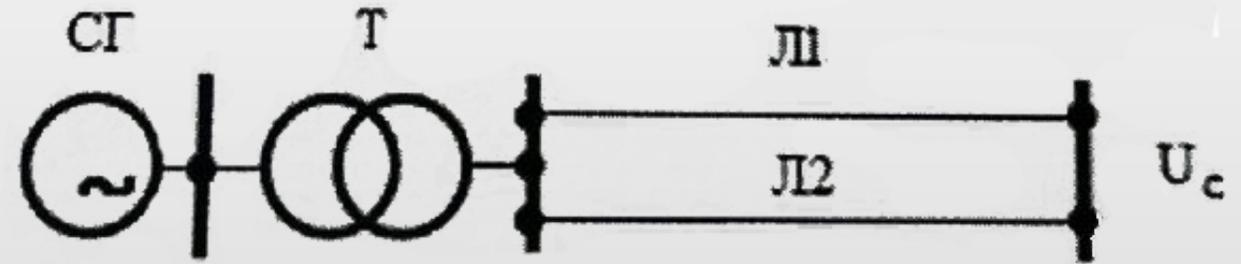


Рис. 1. Схема электрической системы



## Решение

- Определяем угол устойчивого равновесия в послеаварийном режиме ( $\delta_s$ ):

$$\delta_s = \arcsin \frac{P_0}{P_{\text{ПАР}}^{\text{max}}}$$

$$\delta_s = \arcsin \frac{900}{1100} = 54,9^\circ = 0,96 \text{ рад}$$

- Определяем угол неустойчивого равновесия ( $\delta_u$ ):

$$\delta_u = 180 - \delta_s$$

$$\delta_u = 180 - 54,9 = 125,1^\circ = 2,18 \text{ рад}$$

- Определяем угол установившегося равновесия в нормальном режиме ( $\delta_0$ ):

$$\delta_0 = \arcsin \frac{P_0}{P_{\text{НР}}^{\text{max}}}$$

$$\delta_0 = \arcsin \frac{900}{1500} = 36,87^\circ = 0,64 \text{ рад}$$



- Определяем площадь площадки ускорения ( $F_y$ ):

$$\begin{aligned} F_y &= \int_{\delta_0}^{\delta_{\text{откл}}} P_0 d\delta + \int_{\delta_{\text{откл}}}^{\delta_s} P_0 d\delta - \int_{\delta_{\text{откл}}}^{\delta_s} P_{\text{ПАР}}^{\text{max}} \cdot \sin\delta d\delta \\ F_y &= \int_{0,64}^{0,87} 900 d\delta + \int_{0,87}^{0,96} 900 d\delta - \int_{50^\circ}^{54,9^\circ} 1100 \cdot \sin\delta d\delta = \\ &= 900 \cdot \delta \Big|_{0,64}^{0,87} + 900 \cdot \delta \Big|_{0,87}^{0,96} + 1100 \cdot \cos\delta \Big|_{50^\circ}^{54,9^\circ} = 207 + 6,44 = 213,44 \end{aligned}$$

- Определяем площадь площадки торможения ( $F_T$ ):

$$\begin{aligned} F_T &= \int_{\delta_s}^{\delta_u} P_{\text{ПАР}}^{\text{max}} \cdot \sin\delta d\delta - \int_{\delta_s}^{\delta_u} P_0 d\delta \\ F_T &= \int_{54,9^\circ}^{125,1^\circ} 1100 \cdot \sin\delta d\delta - \int_{0,96}^{2,18} 900 d\delta = \\ &= (-1100) \cdot \cos\delta \Big|_{54,9^\circ}^{125,1^\circ} - 900 \cdot \delta \Big|_{0,96}^{2,18} = 1265,01 - 1098 = 167,01 \end{aligned}$$



- Вычислим предельный угол отключения аварии ( $\delta_{\text{пред}}$ ):

$$\delta_{\text{пред}} = \arccos \frac{P_0 \cdot (\delta_0 - \delta_u) + P_{\text{АР}}^{\text{max}} \cdot \cos \delta_0 - P_{\text{ПАР}}^{\text{max}} \cdot \cos \delta_u}{P_{\text{АР}}^{\text{max}} - P_{\text{ПАР}}^{\text{max}}}$$

- $\delta_{\text{пред}} = \arccos \frac{900 \cdot (0,64 - 2,18) + 0 \cdot \cos(36,87^\circ) - 1100 \cdot \cos(125,1^\circ)}{0 - 1100} = 46,76^\circ$
- Анализ устойчивости динамического перехода показывает, что переход не устойчив, так как  $\delta_{\text{откл}} > \delta_{\text{пред}}$ ;  $50^\circ > 46,76^\circ$



Кафедра

Автоматизированные  
Электрические Системы

Уральский  
федеральный  
университет  
имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина  
Уральский  
энергетический  
институт

## Угловые характеристики для симметричного КЗ

