

МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ АДАПТИВНЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 621.313.3

ВЫБОР КРИТЕРИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПРОЦЕССА ВКЛЮЧЕНИЯ ГЕНЕРАТОРОВ НА ПАРАЛЛЕЛЬНУЮ РАБОТУ

Вишневецкий Л.В., Веретенник А.М., Войтецкий И.Е.

Судовые электроэнергетические системы современных судов в большинстве случаев являются многогенераторными, т.е. имеют в своем составе несколько (более двух) дизель-генераторов, валогенераторов, утильтурбогенераторов, которые работают параллельно на общие шины. Количество установленных электрогенераторов на конкретном судне зависит от его типа и от суммарной мощности потребителей [1, 2]. Основным режимом работы судовой электростанции является параллельная работа. Ввод нового генератора в работу является одним из типовых эксплуатационных режимов. Известно, что включение генератора переменного тока в сеть требует соблюдения определенных условий синхронизации частоты, напряжения и фаз генератора и сети [1, 2].

Технологически процесс включения генераторов на параллельную работу включает в себя несколько независимых операций, таких как выравнивание частот, согласование фазовых сдвигов и амплитуд напряжения генератора и сети. Возможные неточности и ошибки при выполнении операции синхронизации приводит к значительным переходным процессам в электростанции и даже к аварийным ситуациям.

Управление процессами включения предполагает в первую очередь оценку качества этих процедур. К сожалению, на сегодняшний день не существует единых общепринятых методик или критериев оценки качества переходных процессов при включении генераторов. В лучшем случае, констатируется факт включения генератора без биений или выпадения из синхронизма. Оценить качество синхронизации можно по времени или по интенсивности этого процесса.

В данной работе предлагается ввести критерий для оценки качества возникающих переходных процессов включения генераторов. Выбран вид критерия и методика его вычисления, а также параметр процесса, наиболее объективно отражающий его качество.

За основу формы критерия качества выбран общепринятый в автоматике функционал – интеграл модуля отклонения контролируемого параметра $y(t)$ от установившегося значения $y(\infty)$:

$$I = \int_0^{\infty} |\Delta y| dt, \quad (1)$$

где $\Delta y = y(t) - y(\infty)$. Пределы интегрирования целесообразно ограничить временем процесса втягивания в синхронизм (t_n, t_k) . Здесь t_n, t_k - время начала и конца переходного процесса. При моделировании системы электрогенераторов на цифровой ЭВМ численными методами расчет интегрального критерия (1) можно заменить суммой модулей отклонений $\Delta y_i = y(t_n + \sum_{j=0}^i \Delta t_j) - y(t_k)$ за период расчета переходного процесса

$$I = \sum_{i=1}^N |\Delta y_i|, \quad (2)$$

здесь Δt_j - шаг интегрирования. Приведенное выражение интегрального критерия (2) будет пропорционально интегралу, если применяется численный метод с постоянным шагом. При изменяющемся шаге выражение под суммой следует умножить на Δt_i , т.е.

$$I = \sum_{i=1}^N |\Delta y_i| \cdot \Delta t_i. \quad (3)$$

Расчет критерия качества проводился на модели параллельной работы двух синхронных дизель-генераторов различной мощности. Результаты моделирования процесса включения генераторов на параллельную работу показаны на рис. 1.

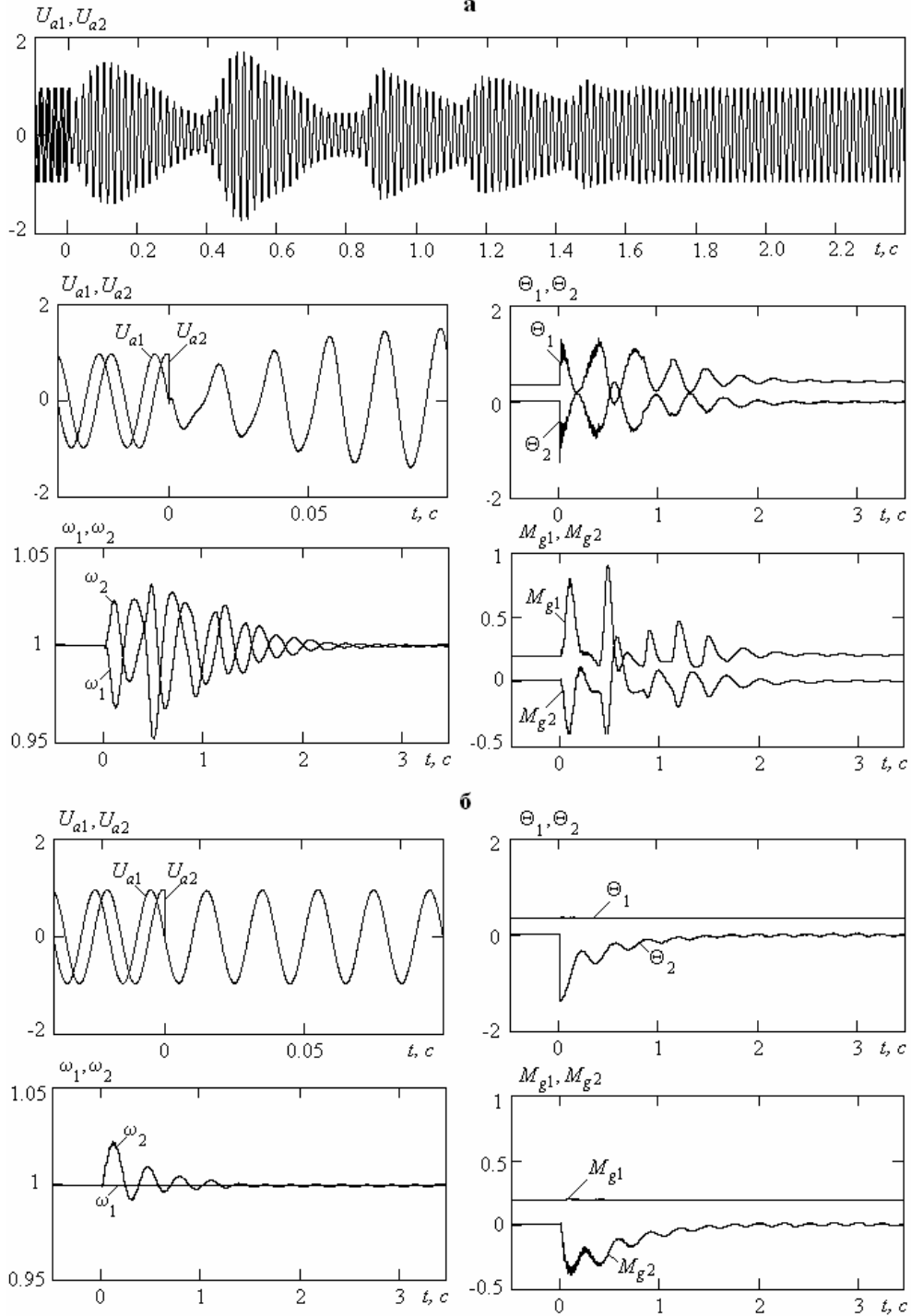


Рис. 1 Результаты моделирования переходных процессов включения синхронных дизель-генераторов на параллельную работу:
а – агрегаты одинаковой мощности; б – включение в береговую сеть большой мощности

При моделировании оценивались те параметры процесса, которые характеризуют его электромеханическую сущность. На рис. 1 показаны изменения статорных напряжений U_{a1}, U_{a2} , углов нагрузки Θ_1, Θ_2 , частот вращения роторов ω_1, ω_2 и электромагнитных моментов M_{g1}, M_{g2} генераторов и сети.

При моделировании параллельно с расчетом электромеханических параметров, вычислялись следующие критерии: суммы модулей отклонения от установившихся значений частот I_ω , углов нагрузки I_Θ и электромагнитных моментов I_M .

На рис. 2 показаны результаты расчетов частот вращения роторов ω_1, ω_2 и соответствующих критериев $I_{\omega1}, I_{\omega2}$ для трех разных углов рассогласования синхронизируемого напряжения.

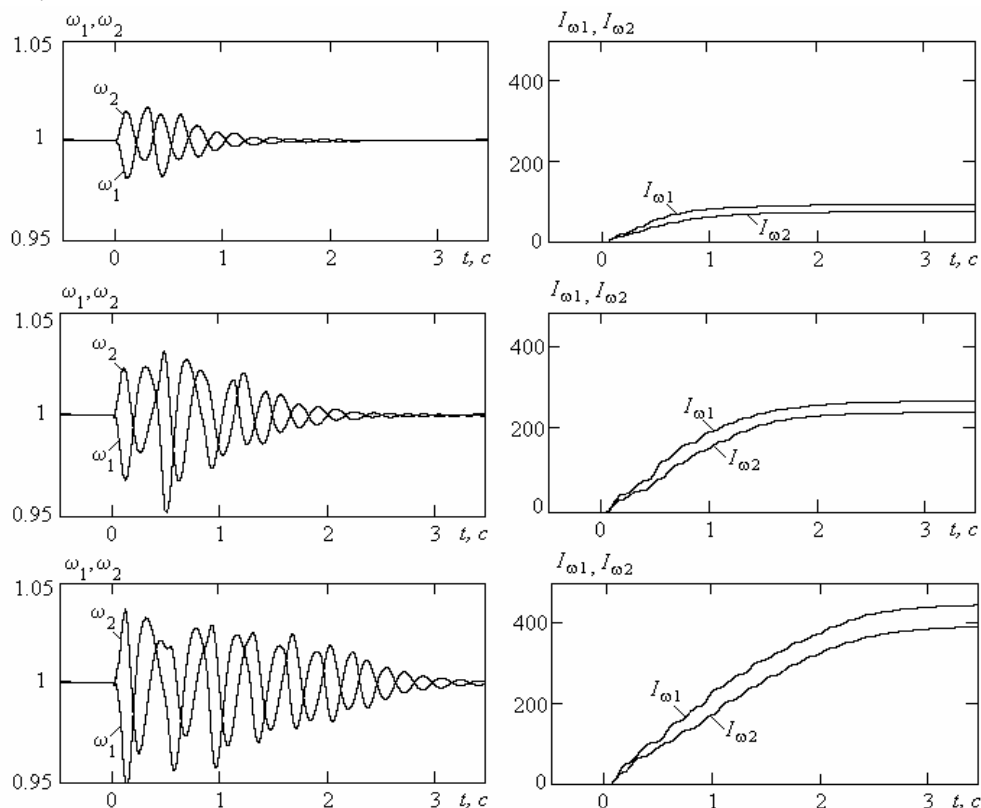


Рис. 2 Расчет критериев качества $I_{\omega1}, I_{\omega2}$ включения двух генераторов на параллельную работу при разных углах рассогласования фаз

Как видно из рис. 2, монотонно растущие функции $I_{\omega1}(t), I_{\omega2}(t)$ принимают постоянные значения к концу переходного процесса. Эти установившиеся значения предлагается использовать в качестве критерия, позволяющего сравнивать между собой переходные процессы включения генераторов на параллельную работу. Изменяя угол рассогласования фаз при равных частотах и напряжениях включаемых генераторов, рассчитаны значения критериев I_M, I_ω и I_Θ в зависимости от разности фаз. На рис. 3 приведены эти зависимости для режимов включения генератора в мощную сеть (рис. 3, а) и двух одинаковых генераторов (рис. 3, б).

Сравнение характера кривых критериев I_M, I_ω и I_Θ показывает их идентичность, т.к. момент, частота и угол нагрузки – это параметры одного и того же энергетического процесса.

Особенности расчета критериев I_M, I_ω и I_Θ заключаются в том, что заранее неизвестно установившееся значение контролируемого параметра $y(\infty)$ или $y(t_k)$, впрочем, как и время втягивания в синхронизм t_k . Поэтому расчет процесса нужно повторить еще раз для уточнения значения t_k и $y(t_k)$. Эти значения затем вводятся в программу для расчета критерия $I(t_k)$.

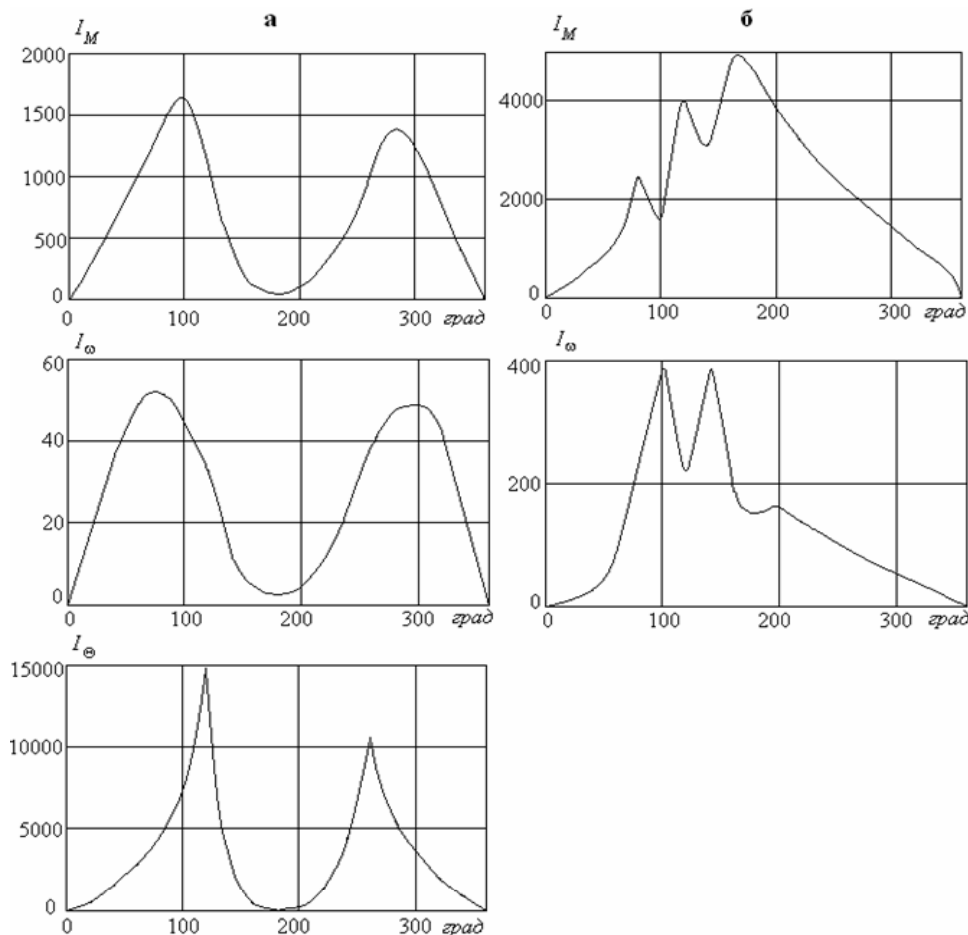


Рис. 3 Зависимости критериев I_M , I_ω и I_Θ от разности фаз:

а – включение в мощную сеть; б – включение одинаковых генераторов

Если значение $y(t_k)$ будет определено неточно, то критерий $I(t)$ не будет стремиться к постоянному значению, а будет постоянно возрастать.

Выводы

1. Предложенные критерии I_M , I_ω и I_Θ позволяют численно оценить процесс втягивания генераторов в синхронизм.
2. Наиболее объективным и удобным показателем качества является площадь под кривой частоты вращения ротора генератора или I_ω . Частоту вращения можно не только рассчитать на модели, но и измерить на действующем агрегате.
3. Предлагаемый критерий позволяет сравнивать между собой процессы включения на параллельную работу, проводить оптимизацию конструктивных параметров и способов управления синхронизацией генераторов.

The integral criteria of quality of transitional processes of including of generators are considered on parallel work. The integral rejections of frequencies, moments and corners of loading at the different phase corners of the included generators are confronted. The offered criterion allows to compare between itself the processes of including on parallel work, to conduct optimization of structural parameters and methods of management synchronization of generators.

1. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. – М.: Транспорт, 1988. – 328 с.
2. Лейкин В.С., Михайлов В.А. Автоматизированные электроэнергетические системы промышленных судов: Учебное пособие для вузов. – М.: Агропромиздат, 1987. – 412 с.