

Подход к анализу субсинхронного крутильного взаимодействия в автономной электроэнергетической системе с ГТУ

Научный руководитель – Аносов Владимир Николаевич

Белкова Диана Николаевна

Аспирант

Новосибирский государственный технический университет, Факультет мехатроники и автоматизации, Новосибирск, Россия

E-mail: belkova34diana@gmail.com

Данная работа посвящена исследованию возникновения субсинхронного крутильного взаимодействия (ССКВ) в автономных энергосистемах с газотурбинной установкой (ГТУ). Крутильный резонанс является неизбежной проблемой для турбогенераторов, которая может привести к аварийным событиям в энергосистеме. Основными источниками возмущений являются колебательный контур с продольной компенсацией в сети и тиристорные частотно-регулируемые приводы. Для исследования отклика механической системы ГТУ на подобные возмущения была исследована физика процесса возникновения ССКВ и разработана упрощенная модель ГТУ в MATLAB (Рис. 1.). Дифференциальное уравнение, которое описывает крутильную модель ГТУ:

$$\frac{d^2\varphi}{dt^2} + 2\gamma\frac{d\varphi}{dt} + \lambda^2\varphi = \frac{M_c}{J_G}$$

где φ – угол закручивания муфты (упругого элемента); $M_c = M_1 + \Sigma M_\nu \sin(\nu\omega t)$ – момент сопротивления; M_1 – среднее значение M_c ; M_ν – гармоническая составляющая вращающего момента на валу, ν – порядок гармонических составляющих вращающего момента; J_G – момент инерции генератора; $\gamma = \frac{b}{2J_G}$ – коэффициент демпфирования; $\lambda^2 = \frac{C}{J_G}$ – квадрат собственной частоты; C – жесткость упругой массы; b – коэффициент вязкости.

Допущения, принятые в данной модели: турбина обладает жёсткой механической характеристикой ($\omega = \text{const}$) и система имеет постоянные значения жёсткости и демпфирования. Полученные графики девиации скорости (Рис. 2) отражают явное увеличение амплитуды девиации скорости при действии вынужденного момента на собственной частоте упругой массы, что соответствует амплитудно-частотной кривой при определенном демпфировании. Приведенная модель учитывает только механическое демпфирование, в то время как в реальной системе резонанс может проявляться более интенсивно, за счёт связи между генератором и элементами сети, которые способны создавать положительную обратную связь [1, 2]. Таким образом, была получена механическая модель ГТУ, собранная из элементов библиотеки Simscape. Данная модель является частью мультифизического моделирования крутильного резонанса без усложнения схемы с учётом большего количества собственных частот энергосистемы для дальнейшей разработки эффективных средств его подавления в продолжении работы [2].

Источники и литература

- 1) Белкова Д.Н. Применение принципа максимума для оптимизации активного фильтра субгармоник тока / Белкова Д.Н., Аносов В.Н., Кавешников В.М. // Омский научный вестник – 2019. – № 6 (168) – С.20–26.

- 2) Белкова Д.Н. Имитационное моделирование субсинхронного резонанса автономного энергорайона с газотурбинной установкой / Белкова Д.Н., Аносов В.Н. // Электротехника – 2024. – № 5 – С.24–31.

Иллюстрации

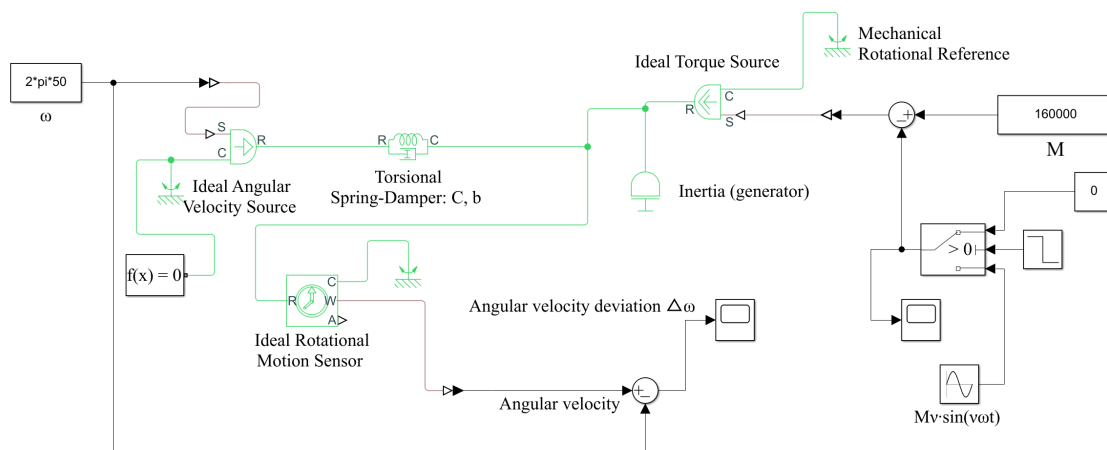


Рис. : 1. Упрощенная модель ГТУ, созданная на блоках из Simscape MATLAB

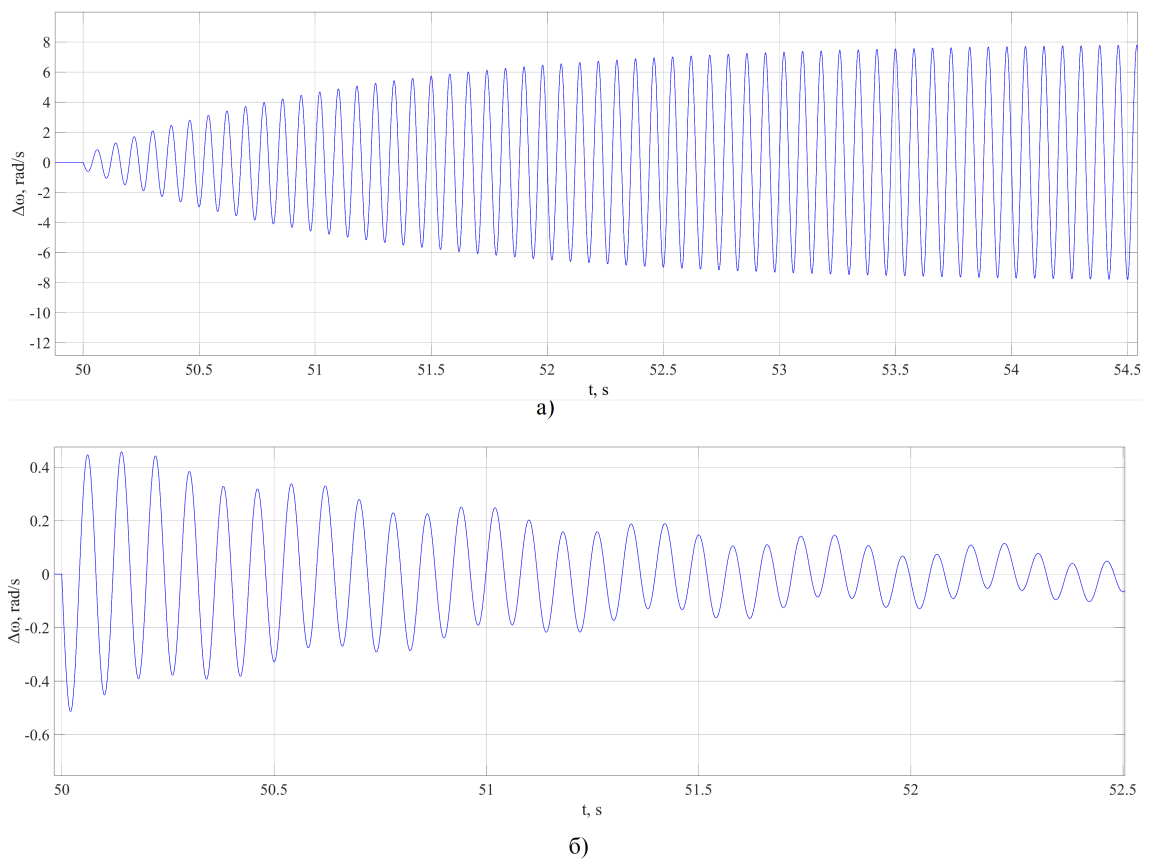


Рис. : 2. Девиация угловой скорости $\Delta\omega$: а) при совпадении частоты вынужденных колебаний момента с собственной (12,5 Гц); б) при другой частоте (2,5 Гц) значительно отличающейся, от собственной