

УПРАВЛЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЕМ синхронных машин с использованием функции комплексной ошибки

О.Н.Агамалов,
Ташлыкская ГАЭС ОП ЮУ АЭС НАЭК «Энергоатом»,
Южноукраинск, 55000, Украина.

В докладе рассмотрена новая структура автоматического регулятора возбуждения (АРВ) синхронных машин. Известно, что основными задачами, решаемыми АРВ, являются поддержание напряжения статора в соответствии с заданной уставкой и демпфирование электромеханических колебаний ротора синхронной машины при различных возмущениях. Для этого в качестве входных сигналов АРВ используется множество переменных состояния синхронной машины: напряжение и ток статора, частота, скорость вращения ротора, мощность и т.д. Ключевой особенностью предлагаемого АРВ является использование только фазора напряжения статора для решения всех вышеуказанных задач, что значительно снижает влияние помех и возмущений, упрощает его конструкцию и эксплуатацию. Библ. 8, рис. 1.

Ключевые слова: фазор напряжения статора, функция комплексной ошибки, АРВ, устойчивость.

В докладе рассмотрена структура АРВ, использующая для управления и стабилизации движения синхронной машины только один входной сигнал – фазор напряжения статора, величина и угловое положение которого отражают как электромагнитное, так и электромеханическое состояния объекта управления [3–8]. Использование фазора напряжения статора в качестве входного сигнала АРВ синхронного генератора основано на определении функции комплексной ошибки управления [1,2] и нижеприведенной векторной диаграмме синхронного генератора с учетом заданной уставки V_{ref} , рис. 1. В установившемся режиме синхронной машины

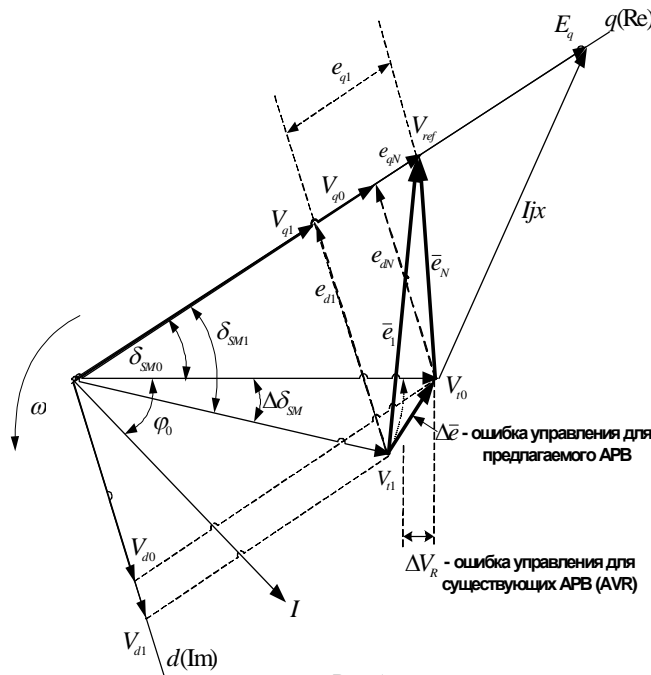


Рис. 1

фазор уставки V_{ref} совпадает с направлением синхронной ЭДС E_q . По величине фазоры уставки и напряжения статора в относительных единицах равны $|V_{ref}| = |V_t|$, однако смещены на угол ротора δ_{SM0} . Таким образом, может быть определена нормальная ошибка АРВ для установившегося режима

$$\bar{e}_N = \bar{V}_{ref} - \bar{V}_{t0} = e_{qN} + je_{dN} = V_{ref} - V_{t0} \cos \delta_{SM0} + jV_{t0} \sin \delta_{SM0} = V_{ref} - V_{q0} + jV_{d0}. \quad (1)$$

При нарушении устойчивости синхронной машины изменившееся напряжение статора \bar{V}_{t1} приводит к возникновению ошибки \bar{e}_1 , определяющей функцию комплексной ошибки управления $\Delta \bar{e}$, т.е. той ошибки, на которую должен реагировать АРВ и являющейся также функцией фазора напряжения статора

$$\Delta \bar{e} = \bar{V}_{t0} - \bar{V}_{t1} = \bar{e}_N - \bar{e}_1 = (V_{t0} \cos \delta_{SM0} - V_{t1} \cos \delta_{SM1}) + j(V_{t0} \sin \delta_{SM0} - V_{t1} \sin \delta_{SM1}) = (V_{q0} - V_{q1}) + j(V_{d0} - V_{d1}). \quad (2)$$

Функция комплексной ошибки управления АРВ (2) отражает изменение напряжения статора как результат отклонения угла ротора $\Delta \delta_{SM}$ и потокоцепления $\Delta \psi_{fd}$ и отличается от традиционного скалярного отклонения напряжения ΔV_t , применяемого во всех современных АРВ, что отражено на рис. 1

$$\Delta e = |\bar{V}_{t0} - \bar{V}_{t1}| = \sqrt{(V_{q0} - V_{q1})^2 + (V_{d0} - V_{d1})^2}, \quad \Delta V_t = V_{t0} - V_{t1} = \sqrt{V_{q0}^2 + V_{d0}^2} - \sqrt{V_{q1}^2 + V_{d1}^2}, \quad (3)$$

$$\Delta(\Delta e - \Delta V_t) = |\bar{V}_{t0} - \bar{V}_{t1}| - (V_{t0} - V_{t1}) = \sqrt{2} \sqrt{(V_{q0} V_{q1} + V_{d0} V_{d1})} - \sqrt{V_{t0} V_{t1}}.$$

Управление возбуждением с использованием нелинейной функции комплексной ошибки (2) и стандартного ПИД алгоритма обеспечивает естественную координацию решения задач точного поддержания заданного значения напряжения статора и демпфирования колебаний ротора синхронной машины.

1. Агамалов О.Н. Геометрическая модель системы управления, представленная на поверхности комплексной ошибки // «Проблемы управления и информатики». – 2011. – №3. – С. 25–41.
2. Agamalov O. Geometrical Model of Plant Presented on a State Surface of a Complex Error (№ 650-655). 10th International Conference on Signal Processing, Robotics and Automation (ISPRA-2011). – Cambridge, UK. – February 20–22, 2011.
3. Андерсон П., Фуад А. Управление энергосистемами и устойчивость. – М.: Энергия, 1980. – 568 с.
4. Веников В.А. Переходные электромеханические процессы в электрических системах. – М.: Высшая школа, 1985. – 536 с.
5. Юрганов А.А., Кожевников В.А. Регулирование возбуждения синхронных генераторов. – СПб.: Наука, 1996. – 138 с.
6. CIGRE TF 38.01.07, Analysis and Control of Power System Oscillations. – Brochure 111, December, 1996.
7. IEEE Std3.421.5-2005, IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies, 2005.
8. Kundur P. Power System Stability and Control. New York: McGraw-Hill, 1994.

УДК 681.5.01, 681.516, 621.3.078

УПРАВЛІННЯ ЗБУДЖЕННЯМ СИНХРОННИХ МАШИН З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІЇ КОМПЛЕКСНОЇ ПОХИБКИ

О.Н. Агамалов, Ташлицька ГАЕС ВП ЮУ АЕС НАЕК «Енергоатом»,

Южноукраїнськ, 55000, Україна.

У доповіді розглянута нова концепція побудови автоматичного регулятора збудження (АРЗ) синхронних машин. Відомо, що основними задачами, які вирішує АРЗ, є підтримання напруги статора у відповідності з заданою уставкою та демпфірування електромеханічних коливань ротора синхронної машини при різноманітних збуреннях. Для цього як вхідні сигнали АРЗ використовується множина змінних стану синхронної машини: напруга та струм статора, частота, швидкість обертання ротора, потужність та ін. Ключовою особливістю пропонованого АРЗ є використання тільки фазору напруги статора для вирішення всіх вищевказаних задач, що значно зменшує вплив завад та збурень, спрощує його конструкцію та експлуатацію. Бібл. 8, рис. 1.

Ключові слова: фазор напруги статора, функція комплексної похибки, АРЗ, стійкість.

EXCITATION CONTROL OF SYNCHRONOUS MACHINES WITH USE OF COMPLEX ERROR FUNCTION

O.N. Agamalov,

Tashlyk PSPP of Yuzhnoukrainsk NPP of NAGC “Energoatom”, Yuzhnoukrainsk, 55000, Ukraine.

In the report the new concept of the automatic voltage regulator (AVR) and power system stabilizer (PSS) of the synchronous machines is considered. It is known, that the primary goal, that solved AVR are maintenance of a terminal voltage of the synchronous machine according to the reference. For PSS the goal is mitigation the electromechanical oscillations of the synchronous machine at various disturbances. For these purposes as inputs of AVR and PSS the set of state variables of the synchronous machine is used: terminal voltage, armature current, frequency, speed, power, etc. The key feature of offered automatic excitation regulator (AER) is use only the phasor terminal voltage for the decision of all above-stated problems, that considerably reduces influence of noises and disturbances, simplifies its design and operation. References 8, figure 1.

Key words: phasor of terminal voltage, complex error function, AVR, PSS, stability.

1. Agamalov O.N. Geometrical Model of Control System Presented on Complex Error Surface // Journal of Automation and Information Sciences. – Vol. 43. – 2011, Issue 5. – Pp. 23–39. (Rus)
2. Agamalov O. Geometrical Model of Plant Presented on a State Surface of a Complex Error (№ 650-655) // 10th International Conference on Signal Processing, Robotics and Automation (ISPRA-2011). – Cambridge, UK, February 20–22, 2011.
3. Anderson P.M., Fouad A.A. Power System Control and Stability. – Moskva: Energiia, 2003. (Rus)
4. Venikov V.A. Electromechanical Transients in Power Systems. – Moskva: Vysshaya shkola, 1985. (Rus)
5. Yurganov A.A., Kozhevnikov V.A. Excitation control of synchronous generators. – Sankt-Peterburg: Nauka, 1996. (Rus)
6. CIGRE TF 38.01.07, Analysis and Control of Power System Oscillations. – Brochure 111, December, 1996.
7. IEEE Std3.421.5-2005, IEEE Recommended Practice for Excitation System Models for Power System Stability Studies, 2005.
8. Kundur P. Power System Stability and Control. – New York: McGraw-Hill, 1994.

Надійшла 20.12.2011

Received 20.12.2011