

Ж.Ш. Шаршеналиев

академик, доктор технических наук, профессор,

А.С. Кадыров

аспирант,

Институт автоматизации и информационных технологий Национальной

академии наук Республики Кыргызстан

Бишкек/Кыргызстан

Синтез адаптивной системы управления режимами высоковольтной подстанции

Высоковольтные энергетические подстанции как сложные системы нуждаются в автоматическом управлении их режимами, включая методы стабилизации и адаптации. Для использования этих методов и принципов необходимо осуществлять декомпозицию и децентрализацию этих систем на основе упрощающих концепций [1].

Для автоматического регулирования напряжения и реактивной мощности подстанций используется математический и программный аппарат, разработанный для управления многомерными многосвязными системами по единому обобщенному критерию – отклонению текущего состояния от требуемого в многомерном пространстве выходных параметров [2].

Заданные уровни напряжения на шинах подстанций, получаемые в результате оптимизационных расчетов режимов работы сети, определяют коэффициенты трансформаторов и автотрансформаторов. Поддержание заданных уровней напряжения на шинах подстанции может быть обеспечено за счет управления напряжением на одной из шин подстанции, а остальные напряжения будут определяться установленными коэффициентами трансформации.

На рисунке 1 показана упрощенная схема подстанции как объекта управления. На схеме введены следующие обозначения: C_1, C_2, C_3 – источники напряжения; B_1, B_2, B_3, B_4 – выключатели нагрузки; АТ, Т – автотрансформаторы и трансформаторы; ШР-1-2 – нерегулируемые шунтирующие реакторы; УШР1-2 – управляемые шунтирующие реакторы.

Для решения задачи автоматического управления и стабилизации заданного уровня напряжения на контролируемых шинах U_1 за обобщенный параметр, принята суммарная реактивная мощность $A = \sum Q$, которая должна быть скомпенсирована на подстанции средствами компенсации реактивной мощности (СКРМ). Схема реализации этой задачи приведена рис. 2.

$$e(t) = x(t) - x_{уст.}, \quad (6)$$

цель управления можно переписать в виде:

$$\begin{aligned} \lim_{t \rightarrow \infty} e(t) &= 0 \\ \frac{de(t)}{dt} &= ae(t) + ax_{уст.} + bu(t) + d \\ \frac{de(t)}{dt} &= ae(t) + bu(t) + p \end{aligned} \quad (7)$$

где: $p = ax_{уст.} + d = const$.

Далее, для синтеза системы управления будем использовать второй метод Ляпунова [5].

Зададим регулятор в виде

$$u(t) = k_e(t) \cdot e(t) + k_d(t) \quad (8)$$

Подставляя (5) в (4) получим

$$\frac{de(t)}{dt} = ae(t) + bk_e(t) \cdot e(t) + bk_d(t) + p, \quad (9)$$

$$\frac{de(t)}{dt} = a_{жс} \cdot e(t) + (\Delta a + bk_e(t))e(t) + bk_d(t) + p, \quad (10)$$

где $a = a_{жс} + \Delta a$, $a_{жс} < 0$

Зададим функцию Ляпунова в виде

$$V(e, t) = qe^2(t) + \frac{q_a}{|b|} (\Delta a + bk_e(t))^2 + \frac{q_d}{2 \cdot |b|} (bk_d(t) + p)^2, \quad (11)$$

где $q, q_a, q_d > 0$ произвольные константы.

Тогда полная производная от функции Ляпунова (8) в силу (7) будет равна:

$$\begin{aligned} \frac{dV}{dt} &= q2e \frac{de}{dt} + 2 \frac{q_a b}{|b|} (\Delta a + bk_e(t)) \cdot \frac{dk_e(t)}{dt} + \frac{q_d b}{|b|} (p + bk_d(t)) \cdot \frac{dk_d(t)}{dt} = \\ &= 2qe(t)(a_{жс}e(t) + (\Delta a + bk_e(t))e(t) + bk_d(t) + p) + \frac{2q_a b}{|b|} (\Delta a + bk_e(t)) \cdot \frac{dk_e(t)}{dt} + \frac{q_d b}{|b|} (p + bk_d(t)) \cdot \frac{dk_d(t)}{dt} = \\ &= qa_{жс}e^2(t) + qe^2(t) + qe(t)(bk_d(t) + p) + \frac{2q_a b}{|b|} (\Delta a + bk_e(t)) \cdot \frac{dk_e(t)}{dt} + \frac{q_d b}{|b|} (p + bk_d(t)) \cdot \frac{dk_d(t)}{dt} = \\ &= qa_{жс}e^2(t) + (\Delta a + bk_e(t)) \left[qe^2(t) + \frac{q_a b}{|b|} \frac{dk_e(t)}{dt} \right] + (p + bk_d(t)) \left[qe(t) + \frac{q_d b}{|b|} \frac{dk_d(t)}{dt} \right]; \end{aligned}$$

Определим алгоритмы адаптации в виде:

$$\begin{aligned} qe^2(t) + q_a \text{sign}(b) \frac{dk_e(t)}{dt} &= 0 \\ \frac{dk_e(t)}{dt} &= -\frac{q_1}{q_a} e^2(t); \quad q_1 > 0 - \text{произвольная константа} \\ \frac{dk_d(t)}{dt} &= -\frac{q_2}{q_d} e(t); \quad q_2 > 0 - \text{произвольная константа} \end{aligned} \quad (12)$$

с учетом (12) имеем $\frac{dV}{dt} < 0$, что гарантирует выполнение целевого условия (5). Таким образом, уравнение адаптивного регулятора имеет вид.

$$u(t) = k_e(t) \cdot e(t) + k_d(t)$$

$$\frac{dk_e(t)}{dt} = -q_1 e^2(t), \quad k_e(0) = 0$$

$$\frac{dk_d(t)}{dt} = -q_2 e(t), \quad k_d(0) = 0,$$

а его структурная схема представлена на рис 5.

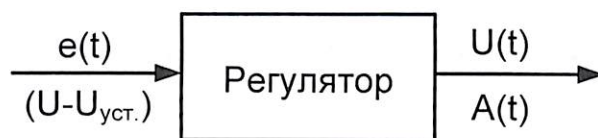


Рис. 5. Структурная схема адаптивного управления.

При моделирование регулятора была разработана, компьютерная модель блок-схемы которого представлена на рисунке 6.

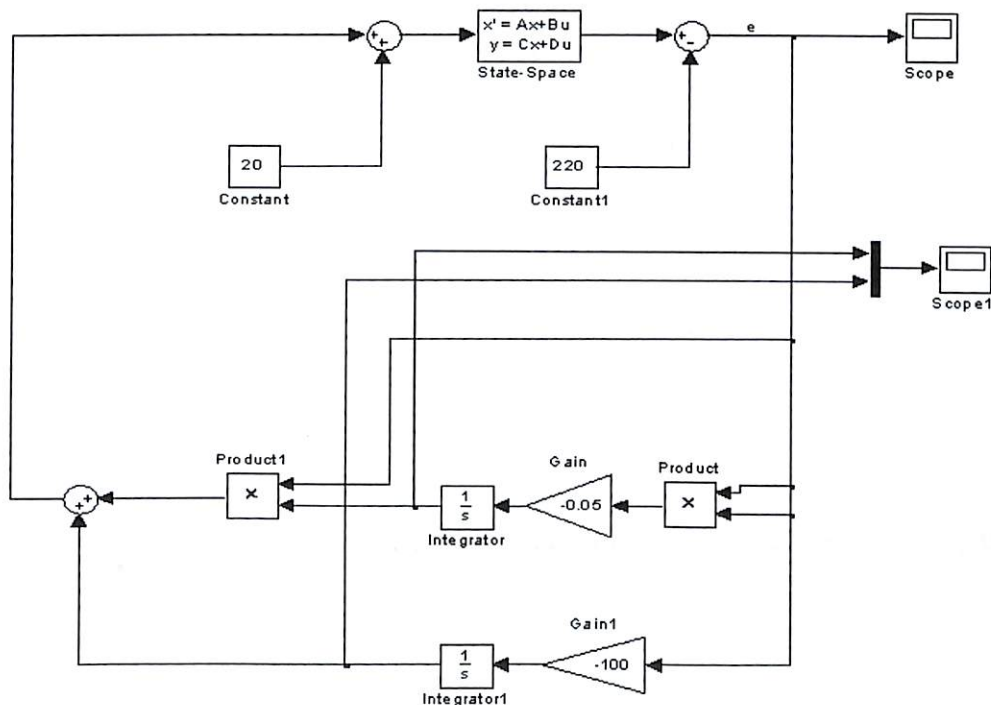


Рис.6. Блок-схема компьютерной модели адаптивного регулятора управления СКРМ.

Результаты численного моделирования полученного адаптивного закона управления для следующих значения параметров модели:

$$a = -5; \quad b = 1; \quad x_{уст.} = 220; \quad x_0 = 200; \quad d = 20; \quad k_e(0) = k_d(0) = 0; \quad q_1 = 0,05; \quad q_2 = 100$$

приведены на графиках рис.7-11.

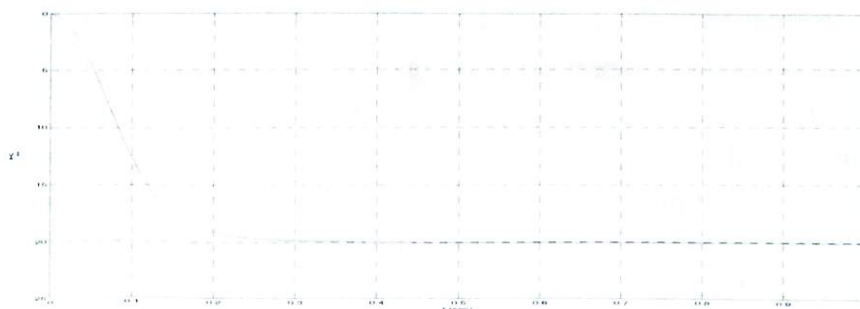


Рис.7. Динамика изменения адаптивного параметра $k_e(t)$

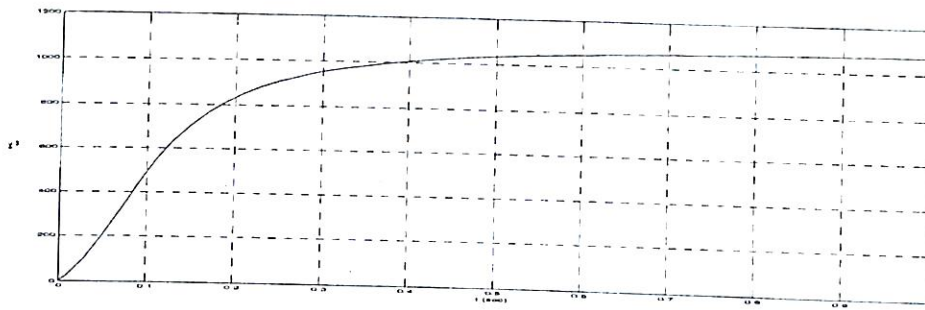


Рис.8. Динамика изменения адаптивного параметра $k_d(t)$

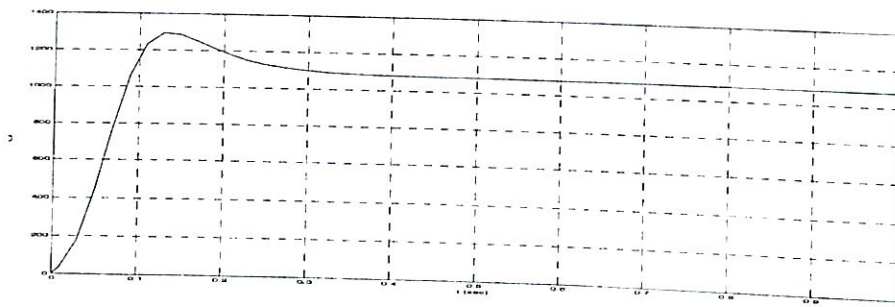


Рис.9. Управляющее воздействие $u(t)$

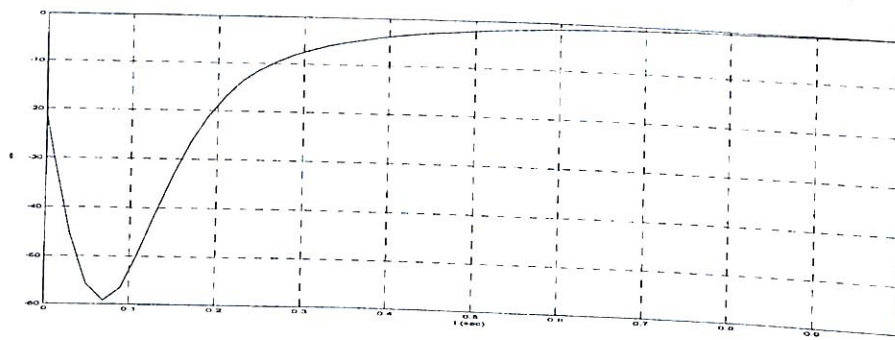


Рис.10. Динамика изменения или рассогласования $e(t)$ в замкнутой системе.

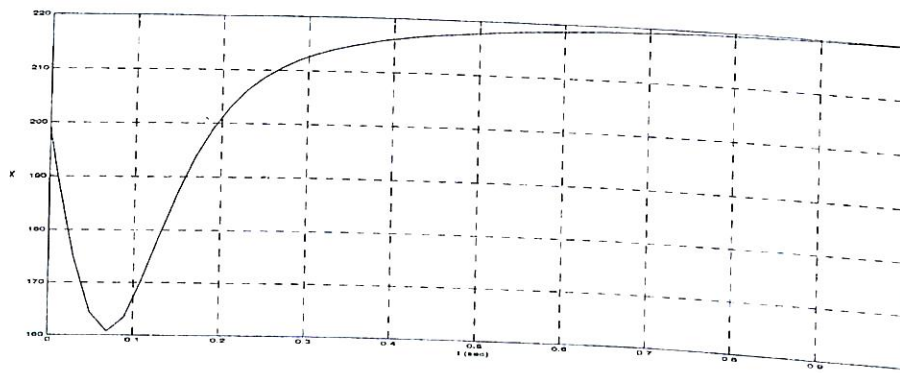


Рис. 11. Динамика изменения выходного напряжения $X(t)$ высоковольтной подстанции при скачкообразном возмущении.

Таким образом, предложенная адаптивная схема регулирования напряжения высоковольтной подстанции при медленно дрейфующих изменениях, показала свою эффективность. Как видно из приведенных графиков, быстродействие системы при скачкообразных изменениях нагрузки составляет приблизительно 0,6 сек, что для практических целей вполне приемлемо.

Литература:

1. Шаршеналиев Ж.Ш. Декомпозиция и децентрализация сложных динамических систем управлений на основе упрощающих концепций. «Вестник инженерной академии РК» 2003, №2, С. 83-87.
2. Косарева Е.Г., Костенко В.В., Лапезов В.Н., Лисицын М.В. Система автоматического регулирования режимов энергообъектов. Электро, 2006. №4. С. 8-11.
3. Волошин А.А. Адаптивная система автоматического управления средствами компенсации реактивной мощности подстанций. Электрические станции, 2009. №4. С.59-65.
4. Крылов В.И., Скобля Н.С. Методы приближенного преобразования Фурье и обращения преобразования Лапласа. М.: Наука, 1974 - 224с.
5. Валеев К.Г., Финин Г.С. Построение функций Ляпунова К.: Наукова думка, 1981 -412с.

Түйін

Мақалада жоғары толқынды станцалардың жұмыс тиімділігін арттыру мақсатында олардың жұмыс тәртібін адаптивті басқару жүйесі ұсынылды.

Resume

The proposed adaptive mode control of high-voltage substation can significantly improve its performance.

Özet

Yüksek gerilim trafo önerilen uyarlamalı mod kontrol performansını önemli ölçüde artırabilir.

Е.Н. Амиргалиев

доктор технических наук, профессор,
Университет имени Сулеймана Демиреля
Алматы/Казахстан

А.Г. Коваленко

доктор физико-математических наук, профессор

Вопросы разработки единой автоматизированной системы управления инженерным обеспечением жилищно-коммунального хозяйства города

Введение

Целью настоящей работы является разработка технических предложений по составу задач и информации, созданию, ведению и использованию единой автоматизированной системы управления инженерным обеспечением (водо-, тепло-, газо, электро- снабжением,