XXXIV Неделя науки СПбГПУ. Материалы межвузовской научно-технической конференции.
Ч.II: С.11-12, 2006.


УДК 621.313

Н.К.Семенов (6 курс, каф. ЭСиС), Х.В.Шхати (докторант, каф. ЭСиС)

# РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОПТИМАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЕМ ГЕНЕРАТОРА В СИСТЕМЕ MATLAB

При реализации было применено линейно-квадратичное Гауссово управление – современная методика разработки оптимальных динамических регуляторов, основанная на построении линейного оптимального управления по квадратичному критерию качества с учетом гауссовых управляющих и возмущающих воздействий. Метод позволяет улучшить эффективность регулирования и оптимизировать величину сигнала управления. При разработке LQG-регулятора необходима модель системы в форме пространства состояний. Предполагается, что модель системы имеет вид, представленный на рис. 1.

Целью является регулирование выходных сигналов Y в окрестности нуля. Объект управления подвергается воздействию входного шума *w* и сигнала управления *u*, при этом на регулятор подается подверженный шуму сигнал $y_v = y+v$. Уравнения состояния и управления установки имеют следующий вид:

$$dX/dt = Ax + Bu + Gw,$$
$$y_v = Cx + Du + Hw + V,$$

где сигналы *w* и *v* моделируются как белый шум.

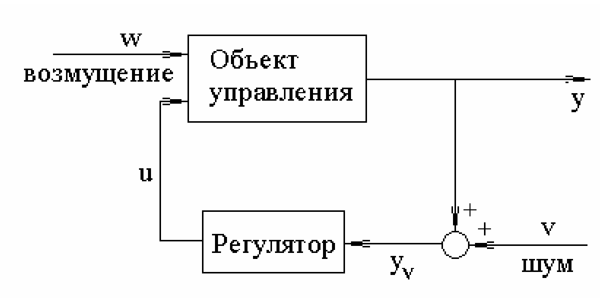


Рис. 1. Модель системы управления

В ЛКГ-регуляторе эффективность управления оценивается квадратичным критерием качества:

$$J_u = \int_0^\infty \left\{ x'Qx + 2x'Nu + u'Ru \right\} dt.$$

Значения матриц Q, N, R назначаются пользователем и определяют компромисс между качеством управления (как быстро x(t) стремится к нулю) и затраченными усилиями. На первом шаге вычисляются коэффициенты обратных связей по переменным состояния (элементы матрицы **K**) и находится закон управления: **u = - Kx**, который минимизирует критерий качества. Матрица **K** получается решением алгебраического уравнения Риккати. Этот закон управления называется ЛК-оптимальным управлением.

Полный ЛКГ-регулятор является комбинацией матрицы оптимальных коэффициентов обратных связей и фильтра Калмана. Линейно-квадратичное оптимальное управление невозможно сформировать, если не все переменные состояния доступны для измерения. Однако в этом случае можно построить оценку вектора переменных состояния ***x***, такую, что управление ***u= - Kx*** окажется оптимальным. Эта оценка состояния выполняется фильтром Калмана: $\hat{x} = A\hat{x} + Bu + L(y_v - C\hat{x} - Du)$, где u – вектор управления, $y_v$ – вектор измерений. Ковариационные матрицы шумов E($ww'$)=$Q_n$, E($vv'$)=$R_n$, E($wv'$)=$N_n$ определяют коэффициенты усиления Калмана L через алгебраическое уравнение Риккати. Фильтр Калмана является оптимальной функцией оценки «белого шума» Гаусса.

Фильтр Кальмана минимизирует асимптотическую ковариацию оценочной ошибки

$$\mathop{\mathrm{Lim}}_{l \to \infty} E(x-\hat{x})(x-\hat{x})'.$$

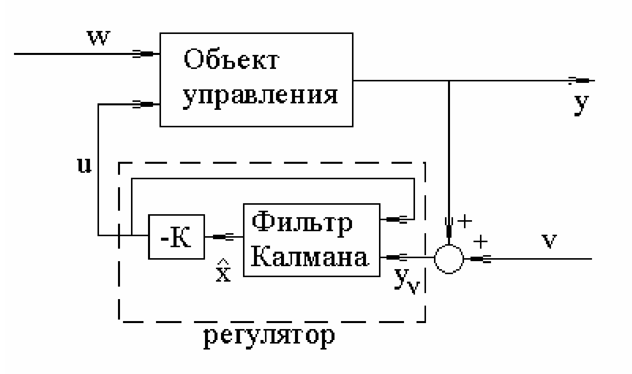

Рис. 2. ЛКГ-регулятор

Чтобы получить ЛКГ-регулятор, нужно соединить фильтр Кальмана и матрицу ЛК-оптимальных коэффициентов, как показано на рис. 2:

Регулятор имеет уравнение:

$$\hat{x} = \left[A - LC - (B - LD)k\right]\hat{x} + LY_v,$$

$$u = -k\,\hat{x}.$$

В среде Simulink программного пакета Matlab модель синхронного генератора задана уравнениями Парка-Горева. При введении ЛКГ-регулятора система уравнений генератора линеаризуется в окрестности точки заданного режима, таким образом, мы получаем матрицы A, B, C, D. Входные сигналы регулятора – напряжение на зажимах генератора, его скольжение и ток возбудителя. Регулятор управляет напряжением возбудителя. ЛК-регулятор и фильтр Калмана реализуются стандартными функциями пакета Control System Toolbox среды Matlab: lqry(); kalman() и lqgreg().

Полученные результаты позволяют говорить о высокой сходимости метода.