

5. Сигналы, формирующие вектор Y , поступают в схему регулятора для реализации процесса управления.

Программа нечеткого логического вывода представляет собой алгоритм получения нечетких логических заключений, выражающихся в значениях выходных лингвистических переменных. Процедура нечеткого логического вывода происходит на основе нечеткой базы знаний с использованием функций принадлежности лингвистических переменных.

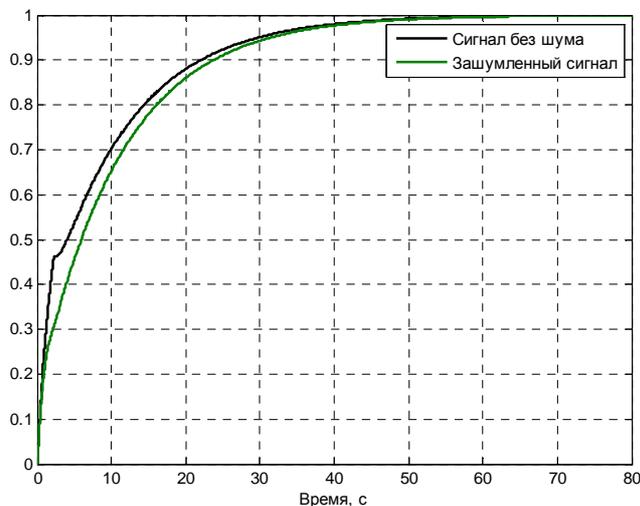


Рисунок 2 – Переходный процесс с ПИ-подобным нечетким регулятором

На основании графиков переходного процесса (рисунки 1 и 2) можно сделать вывод, что при наличии сложной системы управления в условиях зашумленности входной информации использование ПИ-регулятора не эффективно, в таком случае необходимо применять ПИ регулятор, основанный на нечеткой логике.

При этом необходимо учитывать, что динамика САУ с нечетким контроллером всецело определяется архитектурой системы нечеткого вывода: методом построения и содержанием базы продукционных правил, а также способом реализации алгоритма нечеткого вывода. Поэтому при проектировании рассмотренного типа САУ с особой тщательностью необходимо подходить к выбору экспертов, методикам экспертного опроса и формированию базы правил.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zadeh L.A. Fuzzysets. Information and Control, 1965, v.8, p. 338–353.
2. Кудинов, Ю. И. Нечеткие системы управления. Известия Академии наук. Техническая кибернетика. – 1990. – № 5. – С. 196–206.

И.Б.БУРАЧЕНОК¹, В.К.ЖЕЛЕЗНЯК¹

КОМПЕНСАЦИЯ ВРЕМЕННОГО ЗАПАЗДЫВАНИЯ И ЧАСТОТНОГО СДВИГА ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО СИГНАЛА НА ВЫХОДЕ КАНАЛА УТЕЧКИ РЕЧЕВОЙ ИНФОРМАЦИИ

¹Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь

В работе [1] приведено в соответствии с СТБ 34.101.29-2011 на основании установленной математической зависимости обоснование преимуществ использования при оценке защищенности речевой информации в технических каналах утечки информации (КУИ) сложных измерительных сигналов (ИС) с большой базой в двадцати полосах равной разборчивости (ПРР). Для выделения слабых ИС из шумов высокого уровня предлагается использовать функцию взаимной корреляции (ВКФ) между сложным ИС с большой базой на входе и выходе КУИ. Оптимальные исходные данные сложных ИС сигналов с большой базой

для проведения оценки в каждой из ПРР представлены в работе [2]. Возможность использования ВКФ при оценке защищенности речевого сигнала в КУИ позволяет максимально снизить влияние шума, а максимум ВКФ по времени определяет точку отсчета на оси времени, соответствующую временному запаздыванию сложного ИС с большой базой на выходе КУИ [3]. Компенсация временного запаздывания сложного ИС с большой базой на выходе КУИ позволяет получить его выходные параметры с высокой точностью.

Если входной $s_1(t)$ и зашумленный в КУИ шумом $n(t)$ выходной $s_2(t) = s_1(t) + n(t)$ сложные ИС с большой базой представить в виде комплексных переменных, то их ВКФ во временной и частотной плоскостях представляют в виде пары отдельно взятых функций:

$$R_v(\tau, \Omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} s_1(t) s_2^*(t - \tau) e^{j\Omega t} dt \quad \text{или} \quad R_v(\tau, \Omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} F_1(\omega) F_2^*(\omega - \Omega) e^{j\omega\tau} d\omega, \quad (1)$$

где τ и Ω – соответственно временной и частотный сдвиг между входным $s_1(t)$ и принятым на выходе КУИ $s_2(t)$ сложными ИС с большой базой, а $F_1(\omega)$, $F_2^*(\omega - \Omega)$ – их спектры,

* – операция комплексного сопряжения.

Применение взаимокорреляционной частотно-временной обработки сложного ИС с большой базой, представленного преобразованием Гильберта в аналитическом виде, при допустимом времени обработки позволило одновременно компенсировать его временное запаздывание и частотный сдвиг, что значительно повысило точность оценки параметров ИС на выходе КУИ при приеме на фоне шумов высокого уровня. Следует заметить, что при использовании огибающей ВКФ [4] предельно достижимая точность измерений зависит от шума, сопровождающего полезный сигнал. Даже незначительная ошибка определения времени запаздывания и частотного сдвига сказывается на точности оценки защищенности речевой информации в КУИ. Поэтому основной задачей является необходимость определения с наибольшей точностью точки на оси, соответствующей максимальному значению ВКФ между сложным ИС с большой базой на входе и выходе КУИ.

Повысить точность оценки защищенности речевой информации в КУИ в сравнении с подходом [4] предложено компенсацией временного запаздывания и частотного сдвига при использовании первой и второй производных от ВКФ между сложным ИС с большой базой на входе и выходе КУИ.

Для определения точки на оси времени, определяющей временное запаздывание и соответствующей наибольшему значению экстремума, воспользуемся выражениями:

$$\frac{\partial R_v(\tau, 0)}{\partial \tau} = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t) \frac{\partial}{\partial \tau} [s_2^*(t - \tau)] dt \quad \text{и} \quad \frac{\partial^2 R_v(\tau, 0)}{\partial \tau^2} = \int_{-\infty}^{\infty} s_1(t) \frac{\partial^2}{\partial \tau^2} [s_2^*(t - \tau)] dt. \quad (2)$$

Первая производная ВКФ определяет положение точек, в которых она равна нулю. Результатом решения являются несколько точек экстремума. Какие из найденных точек являются точками минимума, а какие – максимума позволяет определить вторая производная от ВКФ. Точка экстремума, имеющая наибольшее значение, определяет координаты временного запаздывания.

Частотный сдвиг определяют аналогично, установив положение точки на оси частот, равное величине частотного сдвига согласно выражений:

$$\frac{\partial R_v(0, \Omega)}{\partial \Omega} = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(\omega) \frac{\partial}{\partial \Omega} [F_2^*(\omega - \Omega)] d\omega \quad \text{и} \quad \frac{\partial^2 R_v(0, \Omega)}{\partial \Omega^2} = \int_{-\infty}^{\infty} F_1(\omega) \frac{\partial^2}{\partial \Omega^2} [F_2^*(\omega - \Omega)] d\omega. \quad (3)$$

Далее были проведены исследования при оценке параметров сложных ИС с большой базой в критических третьей N_3 и двадцатой N_{20} ПРР при различных отношениях сигнал/шум на выходе КУИ, не превышающих значение базы сложного ИС в конкретно заданной ПРР. Заданы входные данные сложных ИС с большой базой, представленных в дискретном виде с частотой дискретизации $F_s = 4,41$ кГц, в третьей N_3 ПРР (частотный диапазон $f = [570 \div 710]$ Гц, база сигнала $B = 560$, девиация частоты $2\Delta f = 140$ Гц) и двадцатой N_{20} ПРР (частотный диапазон $f = [7250 \div 10000]$ Гц, база сигнала $B = 1100$, девиация частоты $2\Delta f = 2750$ Гц) при длительности сигналов $T_c = 4$ с. При проведении экспериментов

использовался шум, в виде хаотической импульсной последовательности, обладающий высоким энтропийным коэффициентом качества и имеющий дифференциальный закон распределения вероятностей мгновенных значений амплитуды близкий к нормальному.

В результате проведенных исследований установлено, что предложенный математический подход позволяет получить меньшие значения абсолютной λ и относительной γ погрешностей при оценке величины временного запаздывания и частотного сдвига в сравнении с подходом при использовании огибающей ВКФ. При длительности запаздывания 10 мс определены погрешности оценки временного запаздывания: в третьей N_3 ПРР абсолютная погрешность составила $\lambda=6,8 \cdot 10^{-5}$, а относительная – $\gamma=0,68$; в двадцатой N_{20} – $\lambda=2,27 \cdot 10^{-5}$, $\gamma=0,23$. В сравнении с подходом, использующим для оценки огибающую ВКФ, увеличена точность оценки временного запаздывания в 1,3 раза в третьей N_3 ПРР и в 2 раза в двадцатой N_{20} ПРР. Самую высокую точность оценки временного запаздывания позволяет получить сложный ИС с большой базой в двадцатой N_{20} ПРР. Наличие шума на выходе КУИ при использовании предложенного подхода не влияет на погрешность оценки величины временного запаздывания и частотного сдвига.

Таким образом, математический подход, основанный на использовании производных ВКФ, позволил осуществить компенсацию временного запаздывания и частотного сдвига с минимальной погрешностью, что значительно повысило чувствительность и точность оценки защищенности речевого сигнала в КУИ в сравнении с подходом, рассмотренным в работе [4] при использовании огибающей ВКФ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бураченко И.Б., Железняк В.К. Оценка нормативного показателя защищенности речевого сигнала сложным сигналом с большой базой. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2015. – №12. – С. 2–7.
2. Бураченко, И.Б. Представление параметров широкополосного линейно-частотно-модулированного сигнала для оценки разборчивости речи в технических каналах утечки информации. / В.К. Железняк, К.Я. Раханов, И.Б. Бураченко // Вестн. Полоц. гос. ун-та Серия С. Фундаментальные науки. – 2014. – №12. – С. 2–12.
3. Бураченко И.Б., Железняк В.К., Раханов К.Я. Оценка разборчивости речи взаимной корреляцией сигнала линейной частотной модуляции в каналах утечки информации. // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия С. Фундаментальные науки. – 2015. – №12. – С. 22–27.
4. Бураченко, И. Б. Оценка с высокой точностью параметров измерительного сигнала компенсацией его временной задержки в каналах утечки речевой информации / В. К. Железняк, И. Б. Бураченко // Доклады БГУИР. – 2016. – №5. – С.60–66.

В.К.ЖЕЛЕЗНЯК¹, Д.С.РЯБЕНКО¹, С.В.ЛАВРОВ¹

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ АКТИВНОЕ МАСКИРОВАНИЕ НИЗКОЧАСТОТНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

¹*Учреждение образования «Полоцкий государственный университет», г. Новополоцк, Республика Беларусь*

Объекты информатизации (ОП), выделенные помещения (ВП) оснащены сложными системами обработки видеосигналов, передачи данных, системами отображения, воспроизведения сигналов. Широко используется на таких объектах аналоговая и преобразованная в цифровую форму речевая информация [1], системы круглого стола записи речи и др. Традиционные методы и средства защиты речевой информации на ОП и ВП становятся не рациональными. Такая система индивидуальной защиты при многообразии насыщения на объектах аппаратурой усиления, обработки, записи-воспроизведения создает повышенные суммарные уровни маскирующих сигналов от индивидуальных устройств защиты информации.