

# ЗАЩИТА ОТ ПОМЕХ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Жумаев О.А.<sup>1</sup>, Шермуродова М.Ф.<sup>2</sup>, Бабаев А.А.<sup>3</sup>

Email: Jumaev1148@scientifictext.ru

<sup>1</sup>Жумаев Одил Абдужалилович — доцент;

<sup>2</sup>Шермуродова Малика Фуркатовна — ассистент;

<sup>3</sup>Бабаев Азизжон Азимжонович — ассистент,

направление: автоматизация и управление технологическими процессами и производствами,  
кафедра автоматизации и управления,  
Навоийский государственный горный институт,  
г. Навои, Республика Узбекистан

**Аннотация:** в работе проанализированы основные причины появления помех при конструировании промышленных систем автоматизации. Систематизированы основные характеристики и свойства помех, определяемые режимами работ, родом токов и напряжения, спектром частоты функционирования используемых аппаратур, методы их локализации и устранения паразитных влияний на функционирование элементов и устройств автоматики.

**Ключевые слова:** измерительные модули, системы управления, помехи, диапазон частот, системы заземления, статический заряд, источники сигнала, приёмники сигнала, операционные усилители, дифференциальные приемники сигнала, схемы защиты, паразитные связи.

## PROTECTION FROM INTERFERENCE OF TECHNICAL MEANS OF AUTOMATION OF CONTROL SYSTEMS

Jumaev O.A.<sup>1</sup>, Shermuradova M.F.<sup>2</sup>, Babayev A.A.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Jumaev Odil Abdusalilovich - Associate Professor;

<sup>2</sup>Shermuradova Malika Furkatovna - Assistant;

<sup>3</sup>Babayev Azizjon Azimjonovich – Assistant,

DIRECTION: AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTIONS,  
DEPARTMENT AUTOMATION AND MANAGEMENT,  
NAVOIY STATE MINING INSTITUTE,  
NAVOI, REPUBLIC OF UZBEKISTAN

**Abstract:** the paper analyzes the main causes of interference in the design of industrial automation systems and the effects of errors, interference and noise, alignment with the impedance of elements and automation devices that determine the quality of control and management systems. The main characteristics and properties of interference are determined, determined by the operation modes, the genus of currents and voltage, the frequency spectrum of the functioning of the instruments are used, the methods of their localization and the elimination of parasitic influences on the functioning of the elements and devices of automation.

**Keywords:** measuring modules, control systems, interference, frequency range, grounding systems, static charge, signal sources, signal receivers, operational amplifiers, differential signal receivers, protection circuits, and parasitic links.

УДК 681.586.7.068

При разработке систем управления технологическим или техническим процессами, чтобы достичь требуемой точности и надежности систем управления необходимо исходить из требований, предъявляемых ко всей технической системе и средствам управления. Основные требования к системам управления заключаются в том, что все ее ресурсы должны соответствовать условиям и параметрам управляемой технической системы [1].

Данные, полученные с измерительных модулей, должны с требуемой точностью отвечать динамике управляемого объекта, причем необходимо соблюдать оптимальную периодичность выборки.

Основными правилами при конструировании системы управления с наименьшими помехами являются использование микромощной элементной базы с необходимым быстродействием, уменьшение длины проводников и экранирование.

Определяющими характеристиками помех являются зависимости спектральной плотности мощности от частоты соответствующих характеристик используемых аппаратур в общей сети систем управления.

Характеристики и свойства помех определяются режимами работ, родом токов и напряжения, спектром частоты функционирования используемых аппаратур в системе.

В цепях, содержащих первичные измерительные модули, и цепях заземления систем автоматизации можно наблюдать весь спектр возможных помех. Однако паразитное влияние при этом оказывают только помехи, частоты которых лежат в рабочем диапазоне частот функционирования элементов и устройств автоматики.

Среднеквадратическое значение напряжения или тока помехи определяется шириной ее спектра [2]:

$$E_{\text{помех}} = \sqrt{\int_{f_H}^{f_B} e^2(f) df}, \quad (1)$$

где  $e^2$  – спектральная плотность мощности помех;  $f_H, f_B$  – нижняя и верхняя границы спектра помехи. В частном случае, когда  $e^2(f)$  слабо зависит от частоты, приведенное соотношение упрощается:

$$E_{\text{помех}} \approx \sqrt{e^2(f_B - f_H)}. \quad (2)$$

Таким образом, для уменьшения влияния помех на систему автоматизации, нужно сужать ширину полосы пропускания и  $(f_B - f_H)$  аналоговых модулей ввода-вывода. Например, если известно, что постоянная времени датчика тока  $\tau$  составляет 0,3 с, что приблизительно соответствует полосе пропускания модуля величиной 0,5 Гц, то это позволяет уменьшить уровень помехи и тем самым повышает точность измерений, снижает требования к заземлению, экранированию и монтажу системы.

В системах автоматизации наиболее сильные помехи наблюдаются при частоте питающей сети 50 Гц. Для подавления этих помех используются узкополосные фильтры, настроенные на частоту 50 Гц.

В общем случае, все помехи, отрицательно влияющие на качество работы системы автоматизации, можно разделить на следующие разновидности:

- помехи, возникающие из сети электроснабжения;
- молния и атмосферное электричество;
- влияние статического электричества;
- помехи, возникающие через индуктивные связи;
- электромагнитные помехи;
- помехи, возникающие от неправильно проведенных заземлений.

Наибольшее влияние на систему промышленной автоматики проявляют помехи от сети электроснабжения:

- с фоном частотой 50 Гц;
- выбросы напряжения от вспышки молнии;
- кратковременные затухающие колебания при переключении индуктивной нагрузки.

Статическое электричество, возникающее на диэлектрических материалах, величина заряда которых зависит от скорости движения трущихся тел, их материала и величины поверхности соприкосновения, является разновидностью проявления помех.

Статические электрические заряды как помехи возникают при пробоях входных каскадов измерительных систем, при пробоях изоляции гальванически изолированных цепей, при пульсациях электромагнитных импульсов, а также могут возникать как кондуктивные помехи от импульса тока во времени разряда конденсаторов измерительных модулей.

В целях защиты систем автоматики от помех в виде статических электрических зарядов используются электростатические экраны, соединенные с экранным заземлением, преобразователями интерфейсов с защитой от статического электричества.

В измерительных системах, кроме динамических погрешностей измерительных модулей, особенно часто находящейся в движении, возникает трибоэлектричество в результате трения различных тел и материалов, а также пьезоэлектричество и эффект электростатического или электромагнитного микрофона. Для защиты средств автоматики от таких помех применяется закрепление и механическое демпфирование движущихся частей электрической схемы.

В настоящее время весьма актуальным является изучение влияния помех, связанных с неправильным заземлением. На основе составления модулей и исследования свойств передачи сигналов системе, который, в свою очередь, состоит из источников передачи сигнала, связи и приемника, можно правильно определить свойство системы управления.

Источники сигнала – датчики и измерительные преобразователи, передатчики физических интерфейсов, выходные каскады модулей вывода – могут быть заземленными и балансными.

Приемники сигнала могут включаться двумя способами. Например, система сбора данных, реализованная в виде операционных усилителей, может принимать напряжения относительно земли – приемник с одиночным входом, или относительно потенциала на втором своем входе – дифференциальным приёмником сигнала.

Дифференциальный приёмник сигнала измеряет разность потенциалов между двумя потенциалами. Основным параметром дифференциальных приемников является коэффициент ослабления синфазного сигнала –  $K_{\text{осс}}$ .

Коэффициент ослабления синфазного сигнала зависит от частоты. Для систем промышленной автоматизации актуальным остается изучение свойств коэффициента подавления синфазного сигнала с частотой 50 Гц, который определяет характеристику по чувствительности приемника к электромагнитной наводке из электрической сети 220/380 В.

Напряжение на выходе дифференциального приёмника сигнала можно записать в виде

$$V_o = K_0(V_1 + V_2) + K_{occ}V_c, \quad (3)$$

Где  $V_c = (V_1 + V_2)/2$  – синфазное напряжение;  $K_0$  – дифференциальный коэффициент усиления.

Поскольку дифференциальный приёмник имеет два канала передачи, то для наилучшей компенсации помех приёмник должен иметь строго одинаковые коэффициенты передачи по общим каналам и высокую точность операции вычитания.

По общей сети системы управления помехи могут передаваться через паразитные связи: кондуктивные, емкостные и индуктивные связи.

Для устранения и подавления помех, естественно, надо правильно определить источники и приемники помех, которые часто сложно выделить в составе измерительных модулей, в цепях преобразования и усиления контроллеров многочисленных линий связей и кабелей, либо токовыми, либо сигналами напряжения или частоты.

Кондуктивной помехой называется помеха, которая передается из соседних цепей путем электрического тока по общим цепям проводника для источника и приемника сигнала через общие участки цепей заземления или питания.

Кроме вышперечисленных помех и наводок существуют еще индуктивные и емкостные, которые появляются вследствие эффекта электромагнитной индукции и в виде напряжения помехи  $V$ , наводящегося на сигнальном проводе.

В случае синусоидальной формы тока амплитуда напряжения помехи, наводимого на сигнальном проводе, будет равна [3]

$$V_H = \frac{\omega M (R_i + R_{Bx})}{\sqrt{(R_i + R_{Bx})^2 + \omega^2 L^2}}, \quad (4)$$

где  $M$  – взаимная индуктивность между проводами;  $L$  – индуктивность сигнального провода;  $\omega = 2\pi f$ ;  $f$  – частота тока помехи.

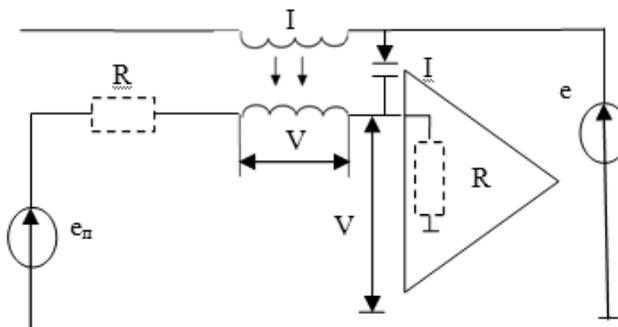


Рис. 1. Пути прохождения емкостной и индуктивной помехи от источника  $e_n$

Из формулы (4) можно сделать вывод, что индуктивная наводка увеличивается с ростом частоты и отсутствует при постоянном токе.

Напряжение помехи на рис. 1 включено последовательно с источником сигнала, т.е. внесена аддитивная погрешность в результате измерения. При бесконечно большом сопротивлении  $R_i$  напряжение на входе приемника примет вид

$$V_{Bx} = e + \omega M I_n \quad (5)$$

и не будет зависеть от сопротивления источника сигнала.

Емкостная наводка через паразитную емкость между проводниками наоборот полностью определяется внутренним сопротивлением источника сигнала  $R_i$ , поскольку оно входит в делитель напряжения помехи, состоящего из сопротивления  $R_{Bx}$ , выключенного параллельно  $R_i$ , и емкости  $C_c$ :

$$V_{Bx} = e + \frac{\omega(R_i + R_{Bx})C_c}{\sqrt{1 + (\omega(R_i + R_{Bx})C_c)^2}} e_n. \quad (6)$$

Из формулы (6) следует, что при  $R_i=0$  емкостная помеха полностью отсутствует. В самом деле, сигнальный проводник имеет некоторое индуктивное и резистивное сопротивление, падение напряжения на котором не позволяет полностью устранить емкостную наводку с помощью источника с низким внутренним сопротивлением. Особенно важно учитывать индуктивность сигнального провода в случае высокочастотных помех.

Таким образом, к вопросам организации помехозащищенности систем автоматизации следует относиться с особым вниманием, поскольку неправильный выбор схемы защиты, неправильная оценка свойств и возникновения помех, неправильный выбор схемы подключения или разводки кабелей, неправильный выбор методики проведения систем заземления и экранирования могут обесценить достоинства интеллектуальной системы управления автоматизации. Здесь следует в особенности обратить внимание на поиски определения источника и уровня помех. Радикальными методами решения проблемы защиты от помех являются:

- использование модули ввода-вывода только с гальванической развязкой с определенными входными и выходными импедансами;
- входные модули надо монтировать в непосредственной близости от измерительных датчиков;
- для аналоговых датчиков нельзя использовать длинные соединительные провода;
- для подключения датчиков в систему управления необходимо использовать цифровые интерфейсы;
- для аналоговых модулей необходимо использовать только дифференциальные модули ввода.

#### *Список литературы / References*

1. Low level measurements. Keithley. 5-th edition.
2. Барнс Д. Электронное конструирование: методы борьбы с помехами. М.: Мир, 1990. 239 с.
3. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием. М.: «Горячая линия – Телеком», 2009. 593 с.