

Sharopin Konstantin Alexandrovich

Tomsk Polytechnic University.

E-mail: pm08@sibmail.com.

30, Lenin pr., Tomsk, 634028, Russia, Phone: (3822)421311.

Lecture, Cand. Eng. Sc.

Старикова Анастасия Викторовна

Томский политехнический университет.

E-mail: pm08@sibmail.com.

634028, г. Томск, пр. Ленина 30; тел.: (3822)421311.

Starikova Anastasiya Victorovna

Tomsk Polytechnic University.

E-mail: pm08@sibmail.com.

30, Lenin pr., Tomsk, 634028, Russia, Phone: (3822)421311.

УДК 681.325.3

В.Г. Галалу**МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ СЕТЕВЫХ И ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ
В МЕДИЦИНСКОЙ АППАРАТУРЕ**

Рассматриваются возможные источники сетевых и импульсных помех в медицинской аппаратуре. Показаны возможности подавления помех с использованием гальванического разделения, аналоговой и цифровой фильтрации.

Сетевые и импульсные помехи; цифровая фильтрация.

V.G. Galalu**METHODS OF THE SUPPRESSION NETWORK AND PULSED HINDRANCES
IN MEDICAL EQUIPMENT**

The possible sources network and pulsed hindrances are Considered in medical equipment. Possibility of the noise-balancing are Shown with use of galvanic division, analog and digital filtering.

Network and pulsed hindrance; digital filtering.

Одной из проблем, возникающих при эксплуатации реальных медицинских систем, является влияние уровня электромагнитных помех на достоверность измерения медицинских параметров. Рост уровня энерговооруженности медицинских учреждений, введение новых типов оборудования с преобразователями AC/DC и DC/DC приводит к росту уровня помех приблизительно в три раза за десять лет. В связи с тем, что полезные сигналы от датчиков в медицинской аппаратуре часто очень малы (кардиографы – 5 мВ, энцефаллографы – 1 мВ), помехи могут весьма существенно исказить результаты исследования. Анализ выходных кодов, находящихся в эксплуатации цифровых электрокардиографов, позволяет сделать вывод о том, что в кардиограммах всегда присутствует достаточно высокий уровень шумов, сетевых и импульсных помех (0,1 – 2,0 %). Уровень помех в значительной степени зависит от протяженности линии связи, электрической мощности используемого оборудования, качества земляной шины, типа измерительного кабеля и

т.п. Результаты экспериментальных исследований показали, что даже в короткой экранированной витой паре длиной 1 м наблюдается периодическая помеха нормального вида амплитудой 5 – 10 мкВ (50 Гц) и короткие импульсные помехи длительностью 0,2 – 1 мкс и амплитудой до 1мВ.

Основные источники периодических помех: мощные потребители переменного тока, силовая сеть, общая шина заземления. Основные источники импульсных помех: тиристорные выпрямители и преобразователи, лампы дневного света, рентгеновское оборудование, импульсные блоки питания мониторов и компьютеров, радиолокаторы и мощные радиопередатчики, сотовая связь, разряды молний и т.д. Характерной помехой почти для всех высоковольтных сетей переменного тока является пробой изоляторов на пиках напряжения в плохую погоду (дождь, туман, снег). Эти помехи через паразитные емкости силовых трансформаторов доходят до потребителя (силовая сеть 380 В) в виде серии импульсных помех амплитудой до 100 В. Эта помеха проявляется на выходах низковольтных стабилизаторов напряжения в виде коротких пиков амплитудой от 10 до 100мВ. Выявить и зафиксировать эти импульсные помехи удастся только при использовании современных цифровых запоминающих осциллографов с частотой выборки до 100 Мбит в секунду (например, TDS 2022B).

Кроме того, в выходном сигнале медицинской аппаратуры всегда присутствует белый шум, основным источником которого являются шумы резисторов и усилительных элементов, шумы диодов и стабилитронов и т.д. Уровень этих шумов находится на уровне 0,01 – 0,2 % от диапазона входного сигнала.

На основании этих данных была разработана модель помехи, которая поступает на вход АЦП и подлежит аналоговой или цифровой фильтрации. Наиболее простым методом уменьшения уровня помех является применение рациональной кабельной проводки. Исследования различных авторов показали, что для передачи аналоговой информации наиболее эффективным оказывается использование витой пары с количеством скруток не менее 50 на метр в двойном экране (ленточный и сеточный экраны). При высоком уровне электромагнитных помех, желательно применение измерительных кабелей с дополнительным пермалловым ленточным экраном. Применение рациональной кабельной проводки позволяет уменьшить уровень помех на входах МИС в 10-100 раз (20-40 дБ).

Очень эффективной является токовая передача аналоговых сигналов. Большое выходное сопротивление используемых преобразователей напряжение-ток (5-10 МОм) не позволяет наведенному на линию связи сигналу помехи выделиться на нагрузочном сопротивлении. Коэффициент подавления фактически определяется отношением внутреннего сопротивления генератора тока и нагрузочного сопротивления (250-500 Ом). Чаще всего этот коэффициент подавления составляет 60-80 дБ, однако в отдельных случаях для прецизионной аппаратуры доходит до 100 дБ. Высокое качество передачи аналоговой информации токовым сигналом позволяет объяснить тот факт, что более 50 % датчиков, выпускаемых зарубежными фирмами, имеют токовый выход 4-20 мА и они находят широкое применение в практике измерений.

При высоком уровне сетевых и импульсных помех по общей шине (заземления), который может достигать нескольких вольт, наиболее эффективной оказывается полная гальваническая развязка входных цепей МИС от выходов датчиков. Для этого могут использоваться изолирующие усилители серии ISO фирмы Burt&Brown. Полная гальваническая развязка обеспечивает подавление сетевых и импульсных помех до уровня 100 дБ. К сожалению, линейность передачи аналогового сигнала находится на уровне 10-12 двоичных разрядов и ухудшается со вре-

менем из-за деградации согласованных оптоэлектронных пар. Еще одним недостатком полной гальванической развязки является высокая стоимость интегральных микросхем (100-150\$).

При небольших расстояниях от датчиков до входов МИС и невысоком уровне шумов и помех (1-2 %), достаточно эффективным может оказаться применение АЦП интегрирующего типа, с циклом преобразования, кратным периоду сети (20 мс). Например, микросхема типа NI-7159 гарантированно обеспечивает подавление сетевых помех до уровня 60 дБ. АЦП двойного интегрирования имеют высокую точность и высокую разрешающую способность, а также имеют сравнительно простую структуру. Сравнение сигма-дельта АЦП и АЦП двойного интегрирования показывает значительное превосходство первых. Они практически не имеют внешних элементов, что существенно сокращает площадь, занимаемую им на плате, и снижает уровень шумов. Встроенные цифровые фильтры обеспечивают прекрасные характеристики подавления сетевой помехи 50 Гц и нечетных гармоник до уровня 80 дБ. Однако импульсные помехи воспринимаются этим типом АЦП как полезный сигнал и практически не подавляются.

В связи с тем, что подавляющее большинство медицинских процессов являются достаточно медленными с постоянными времени, которые изменяются секундами, вполне возможно применение на входах МИС аналоговых фильтров низкой частоты с граничной частотой порядка 10 Гц. Исследовались активные аналоговые фильтры Бесселя, Чебышева и Баттерворта. Лучшими оказались фильтры Чебышева, которые обеспечивают крутизну спада порядка 22 дБ/декаду и требуют каскадного включения всего двух фильтров. К недостаткам этого метода следует отнести необходимость применения прецизионных мал шумящих усилителей, которые достаточно дороги (5-10 \$ за штуку). Однако даже в этом случае уровень шумов на выходе аналогового фильтра составляет 1-2 мВ, что снижает эффективную разрядность аналого-цифрового преобразования.

Сравнительная оценка была бы неполной без включения в нее методов цифровой фильтрации. Для цифровой фильтрации сигнала от периодических и импульсных помех можно использовать различные алгоритмы. Преимуществами цифровой фильтрации по сравнению с аналоговой являются: высокая точность; гибкость настройки, простота перестройки частотной характеристики. Следует отметить, что методы цифровой фильтрации MathCAD малоэффективны. Был разработан алгоритм комбинированного фильтра, позволяющий обеспечить подавление импульсных и сетевых помех до уровня 57-63 дБ.

Для анализа эффективности предложенного алгоритма цифровой фильтрации импульсных помех было проведено натурное моделирование. Входной сигнал задавался генератором сигналов произвольной формы NI PXI- 5421.

В качестве входного сигнала использовался синусоидальный сигнал частотой 1 Гц, на который накладывались импульсные помехи, имеющие распределение Бернулли и эквивалентные по амплитуде входному сигналу (рис. 1). Далее полученный сигнал с шумом подавался на вход платы сбора данных серии M NI PXI – 6259, которая содержит 16-разрядный АЦП.

Оцифрованный с частотой дискретизации 1 кГц сигнал с шумом обрабатывался с помощью программы фильтрации, написанной в среде LabVIEW. На рис. 2 представлен отфильтрованный сигнал, на рис. 3 – абсолютная погрешность цифровой фильтрации. Коэффициент подавления импульсных помех комбинированным фильтром составляет 57 дБ. При моделировании фильтрации сетевой помехи 50 Гц коэффициент подавления составил 63 дБ. Эти же сигналы обрабатывались и стандартными средствами цифровой фильтрации встроенными в LabVIEW,

в частности, использовались инверсные ФНЧ Чебышева и Бесселя с частотой среза 10 Гц. Однако встроенные фильтры оказались на порядок хуже по коэффициенту подавления и на два порядка хуже по быстродействию.

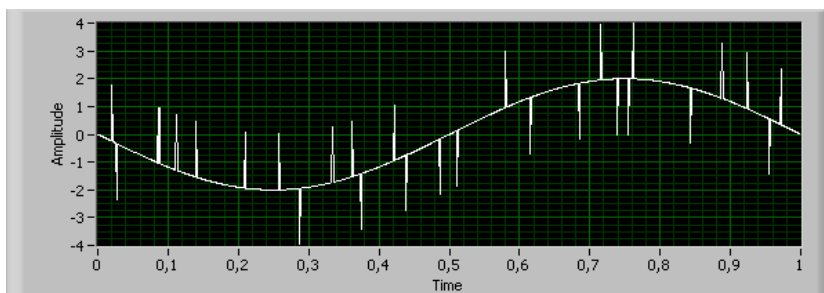


Рис. 1. Сигнал с помехой

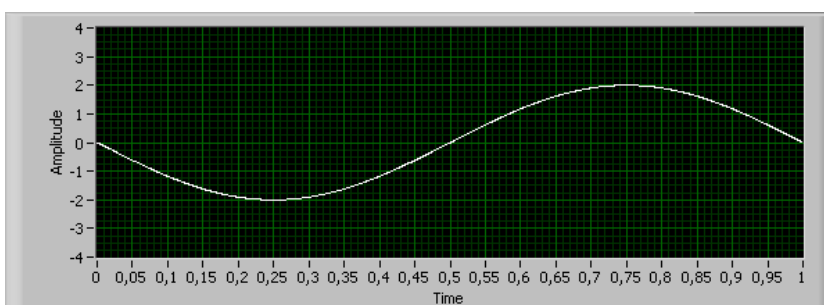


Рис. 2. Отфильтрованный выходной сигнал

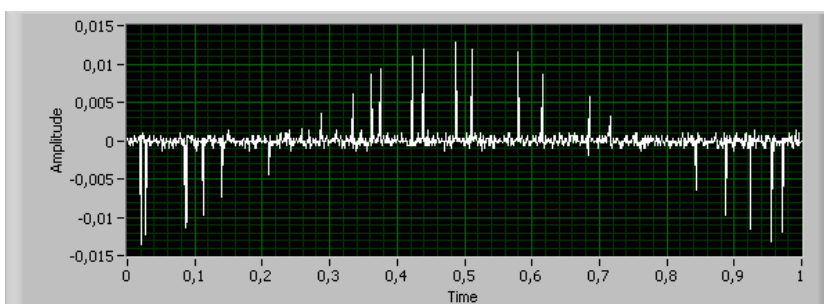


Рис. 3. Абсолютная погрешность цифровой фильтрации

Сравнение методов по коэффициентам подавления помех представлено в табл. 1, и позволяет сделать вывод, что наиболее эффективным может оказаться сочетание токовой передачи аналоговых сигналов и цифровой фильтрации полученных кодов.

Таблица 1

Метод	$K_{\text{под}}$, дБ (сетевых помех)	$K_{\text{под}}$, дБ (импульсных помех)	Относит. погрешн. восстанов.	Относит. сложность и стоимость
1. Передача напряжением 0-10В по витой паре	20-40	20	0,5 %	1 (5 \$)
2. Токовый выход 4-20 мА	100	40	0,05 %	2 (10\$)
3. Гальваническая развязка	100	40	0,1 %	20 (150\$)
4. Интегрирующие АЦП, 20мс	50-60	40	0,05 %	5 (30\$)
5. Дельта-сигма АЦП, 20мс	80	20	0,05 %	3 (15\$)
6. Аналоговая фильтрация	40-60	50-60	0,2 %	10 (30\$)
7. Цифровая фильтрация	57-63	60-65	0,1 %	2-3 (10\$)

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. В.Г. Галалу, В.В. Сарычев, М.М. Клопот. Сравнение эффективности алгоритмов нелинейной фильтрации импульсных помех // Авиакосмическое приборостроение. – 2009. – №5. – С. 32–38.

Галалу Валентин Гаврилович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: asni@fep.tsure.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44, тел.: (8634)371638.

Кафедра АСНИиЭ, доцент, к.т.н.

Galalu Valentin Gavrilovitch

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University».

E-mail: asni@fep.tsure.ru.

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia, (8634)371638.

Department of ARS, assistant professor, Cand. Eng. Sc.

УДК 62-529

Д.С. Галанзовский, Е.В. Доброродный**КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ВОДОЛЕЧЕНИИ**

Рассматривается возможность применения компьютерных систем управления температурным полем ванн. Проанализированы перспективы внедрения таких систем в бальнеолечебницах. Предложен способ подключения бальнеолечебниц к системам ведения электронной истории болезни.

Ванны; бальнеолечение; система управления.