Рисунок 3 – Осциллограммы: а) электромагнитного момента, б) скорость вращения ротора

В результате моделирования пуска асинхронного двигателя от частотного преобразователя при законе управления $u/f=\text{const}$ были получены следующие данные переходных процессов: время пуска двигателя $t_p=1$ с, изменение знака электромагнитного момента не наблюдается.

1. Черных, И. В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB. SimPowerSystems и Simulink. 1-е издание // И. В. Черных, 2007. – 288 с.
2. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, - 320 с.

Молочков В.Я., Молочкова И.Д.

Исследование составляющих погрешности цифрового стационарного дистанционного измерителя температуры забортной воды для сайроловных судов

*Дальневосточный технический рыбохозяйственный университет
(Россия, Владивосток)*

doi:10.18411/lj-07-2018-29

idsp: 000001:lj-07-2018-29

Аннотация

В статье приводятся теоретические и экспериментальные результаты исследования погрешности разработанного для рыбопромысловых судов стационарного цифрового измерителя температуры забортной воды для измерений без остановки судна при поиске скоплений сайры. Приводится анализ приборной погрешности измерителя и анализ влияний внешних условий на измерительный прибор и измерительные цепи, имеющие размеры до 100 метров – изменения температуры, электромагнитных полей электрооборудования судов, изменения напряжения питания. Приводятся особенности принятых схемных решений.

Ключевые слова: температура, судовые измерители, промысловые суда.

1. Назначение измерителя и решаемые задачи

При поиске судном сайровых скоплений информация о температуре окружающей среды является одним из условий эффективности поиска. Это обусловлено тем, что сайра при температуре вблизи 11 С⁰ концентрируется и поднимается к поверхности воды.

Возможность непрерывно, без остановки судна, контролировать температуру воды в процессе поиска сайры существенно повышает эффективность поиска сайры.

Следует отметить, что не существует промышленно выпускаемых образцов такого измерителя, приспособленного для монтажа в корпусе судна, работающего в сложных

условиях механических, электрических, температурных и электромагнитных помех. Поэтому при разработке такого измерителя вопрос исследования составляющих погрешности, наряду с принимаемыми конструктивными мерами, является актуальной теоретической и экспериментальной задачей. Она требует проведения теоретических, лабораторных и натурных исследований составляющих погрешностей измерителя, результат которых и обуславливает выбор всех составляющих измерителя в процессе его разработки.

Следует выделить две основных составляющих такой погрешности: приборную, связанную со схемотехническими решениями и составляющую, связанную с влияниями внешних условий, из которых основными являются электромагнитные помехи от судового электрооборудования на цепи измерения имеющие длину до сотен метров, влияние окружающей температуры и изменение напряжения питания.

2. Составляющие приборной погрешности измерителя и их оценка

Основная составляющая приборной погрешности предложенной схемы измерителя определяется применяемым АЦП и состоит из трех групп. Первая группа определяет статическую точность АЦП, вторая – динамическую, третья – влияние внешних рабочих условий.

Составляющие статической погрешности АЦП состоят из устранимой и не устранимой частей погрешности. Рассмотрим их по порядку, при этом, примем во внимание только составляющие, вносящие существенный вклад в погрешность для данного типа сигнала и не устранимые схемотехнически. Отбросим составляющие, учитываемые при разработке АЦП и определяющие, по сути, его паспортные данные.

Погрешность квантования – методическая погрешность, вызванная конечным значением шага квантования, обычно равная $\pm 1/2$ единицы младшего разряда (ЕМР). Это не устранимая погрешность, определяется разрядностью АЦП. Определяется на стадии выбора АЦП для применения в измерителе. Для заданной точности измерения температуры, а именно десятые доли градуса, и диапазона температур до 50 градусов требуется как минимум 12-разрядный АЦП.

Погрешность смещения нуля – часть общей погрешности, характеризующая параллельный сдвиг всей характеристики квантования реального АЦП по отношению к идеальной форме. Она особенно актуальна для медленно изменяющихся сигналов, таких как температура. Данная погрешность сведена в разработанном устройстве практически к нулю применением АЦП с двойным интегрированием.

Погрешность коэффициента передачи – величина, характеризующая отклонение крутизны усредненной амплитудной характеристики квантования АЦП от крутизны идеальной прямой. Данная погрешность так же определяется типом применяемого АЦП и является не устранимой.

Возникновение динамических погрешностей связано с дискретизацией сигналов, изменяющихся во времени. Исследованы следующие параметры АЦП, определяющие его динамическую точность.

Частота дискретизации (преобразования) – частота, с которой происходит образование выборочных значений сигнала. Выбор ее, а, следовательно, и АЦП, определяется скоростью изменения измеряемого параметра и для данных измерений является не критичным параметром ввиду весьма малой скорости изменения температуры.

Время преобразования, время выборки (стробирования) также привязаны к скорости изменения измеряемого параметра и так же не критичны в данном случае.

Индивидуальный подход к определению погрешности измерителя обусловлен сложностью условий эксплуатации измерителя в данной конкретной задаче: влияния величины сопротивления жил кабеля и его изменения от окружающей температуры на точность измерения температуры, возможность изменения длины кабеля соединяющего датчик и измерительный блок в больших пределах (до 200 метров) без нарушения

градуировки прибора; влияния на показание прибора больших электромагнитных полей от работающего силового электрооборудования, характерных для современного судна; необходимость тепловой развязки чувствительного элемента датчика от корпуса датчика и корпуса судна для устранения влияния тепловой инерции корпуса датчика и корпуса судна на быстродействие и показание измерителя; влиянием механических нагрузок, обусловленных потоком забортной морской воды при движении судна;

3. Составляющие погрешности от внешних влияний и их оценка

Параметры, характеризующие внешние условия работы АЦП.

Внешние условия характеризуют АЦП с точки зрения его способности работать при изменении температуры окружающей среды, влажности, давления, при различных механических воздействиях и т. д.

Эта группа параметров характеризует АЦП как «черный ящик» со стороны входа выхода, а также по отношению к различным внешним факторам.

К параметрам входных сигналов относятся их абсолютные и относительные значения, полярность, форма, спектры и др., к параметрам источника входных сигналов - выходное сопротивление и его изменения, амплитудная характеристика, ее стабильность и др. Параметры источников опорных и питающих напряжения включают в себя их номиналы, допуски стабильности напряжений, нагрузочные способности источников.

В соответствии с требованиями к точностным параметрам измерителя в качестве АЦП с двойным интегрированием на один цикл преобразования, что снижает до пренебрежимо малых значений ряд описанных выше погрешностей АЦП..

Временная диаграмма работы аналоговой части АЦП показаны на рис.1.

Рис.1. Временная диаграмма аналоговой части АЦП

Здесь АК – периоды автокомпенсации смещения нуля, ИНТ – период интегрирования, РИ – период разряда.

Диапазон входного сигнала определяется внешним опорным напряжением из соотношения $U_{IRN} = \pm 1,999 U_{REF}$. Текущие показания цифрового табло соответствуют $1000 U_{IRN}/U_{REF}$.

Для входного сигнала и источника опорного напряжения выбрана схема с дифференциальными входами. Это позволяет измерять напряжения, «плавающие» относительно источника питания, и устранять синфазные помехи в цепях входного сигнала и опорного источника. Данное решение также резко снижает требования к стабильности питающего напряжения.

Зависимости погрешности разработанного измерителя от величины опорного и питающих напряжений приведены на рис.2.

Период циклов преобразования связан с тактовой частотой f_T соотношением $T_c = 16 \cdot 10^3 / f_T$. Для достижения максимального подавления сетевой помехи тактовая частота выбрана кратной частоте сети.

Рис.2. Составляющая погрешности от опорного и питающих напряжений

Приращение напряжения на выходе ОУ за время интегрирования равно

$$\Delta U_{\text{инт}} = U_{\text{IRN}} N_{\text{и}} / R_{\text{инт}} C_{\text{инт}} f_T,$$

Из данных выкладок можно видеть, что амплитуда выходного напряжения буферного усилителя и ОУ интегратора не должна превышать 2В – границы линейного участка выходной характеристики ОУ.

Отсюда вытекает условие, определяющее оптимальное значение элементов интегратора:

$$R_{\text{инт}} C_{\text{инт}} = (2 \dots 3) U_{\text{IRN}} \cdot 10^3 / f_T.$$

При равенстве напряжения на выходе интегратора в конце фазы ИНТ входному напряжению длительность фазы ИНТ равна $R_{\text{инт}} C_{\text{инт}}$. Задание длительности фазы ИНТ и подсчет длительности фазы РИ производится цифровым счетчиком, подсчитывающим периоды тактовой частоты с предварительным делением ее на 4. Соответственно длительность фазы ИНТ составляет 10^3 тактов счета, т. е. $N_{\text{и}} = 1000$, а длительность фазы РИ может изменяться от 0 до 1999 тактов счета.

В рассматриваемой схеме благодаря ООС в течение фазы автокомпенсации происходит заряд конденсатора интегратора $C_{\text{инт}}$ до напряжения, равного $U_{\text{см.к}}$. Этот компенсирующий заряд сохраняется неизменным в течение фаз ИНТ и РИ. В результате погрешность за счет $U_{\text{см.к}}$ полностью устраняется.

Рис.3. Экспериментальная температурная составляющая погрешности

Аналогично устраняется влияние напряжения смещения нуля усилителей. В этом случае компенсирующий заряд накапливается на конденсаторах $C_{\text{а.к}}$, $C_{\text{синт}}$.

Погрешность за счет напряжения смещения нуля и его температурного дрейфа, приведенная ко входу, не превышает 10 мкВ.

Общая экспериментальная температурная составляющая погрешности в единицах 12-ти разрядного измерительного преобразователя приведена на рис.3. Она соответствует погрешности не более 0,2%, что равно для данного измерителя 0,05 С0

Предположим, что имеет место некоторое напряжение смещения нуля $U_{смк}$. В результате фаза РИ прервется не в момент времени, когда выходное напряжение интегратора $U_{вых.и} = 0$, а когда $U_{вых.и} = U_{см.к}$. При отсутствии схемы АК это привело бы к ошибке в определении входного напряжения на $U_{см.к}$ или на $2000 U_{см.к}/U_{инт}$ единиц счета.

Более сложно происходит автокомпенсация заряда на конденсаторе Синт, если к моменту начала фазы АК на нем имеется неустановившийся заряд. Не скомпенсированное напряжение на Синт не превышает, как правило, одной единицы счета.

Остаточное напряжение в случае перегрузки преобразователя по входу определится из соотношения $U_{ост} = 0,63 U_{нк} / (1 + C_{а.к}/C_{инт})^2$.

Для уменьшения погрешности, вызываемой нескомпенсированным напряжением, желательно выбирать $C_{а.к} > C_{инт}$. В частности, при $C_{а.к}/C_{инт} = 2$ остаток напряжения будет менее $0,1 U_{нк}$.

Данные схемотехнические решения, наличие дифференциального входа для высокой степени ослабления синфазных сигналов позволяют осуществлять измерения на значительном удалении от преобразователя в условиях действия помех, а также при работе преобразователя от нестабилизированных источников питания.

В Дальрыбвтузе в разное время изготовлены две партии приборов - 46 и 18 штук для сайроловных судов АО ХК ДМП. Испытания в рейсах показали работоспособность и эффективность измерителя в морских условиях при поиски скоплений сайры.

1. Молочков В.Я. Микропроцессорные системы управления техническими средствами рыбопромысловых судов. М.: Моркнига, 2013. – 362 с.
2. Кирюха В.В. Измерительные преобразователи в системах автоматики. Уч. пос. Владивосток: Дальрыбвтуз. 2007. – 218 с.

Молочков В.Я., Молочкова И.Д.

Применение фильтров второго порядка измерения гармоник сети судовой электростанции

*Дальневосточный технический рыбохозяйственный университет
(Россия, Владивосток)*

doi:10.18411/lj-07-2018-30

idsp: 000001:lj-07-2018-30

Аннотация

В статье рассматривается аппаратное решение измерителя гармоник судовой сети с теоретическим обоснованием выбора элементов и влияния параметров цепей на результат измерений.

Ключевые слова: регистр, судовая сеть, полупроводники, гармоники.

1. Существо проблемы

Российский Морской Регистр Судоходства (т.2, 2005 г.) требует определенных качественных параметров электроэнергии судовой электростанции. К ним относятся