

составляет 4.5 года для $X = \text{BF}_4$, 5 лет для $X = \text{TsO}$ и 46 лет для $X = \text{TfO}$. Впервые определено время полураспада ранее неизвестного N-оксипиридин-4-дiazоний трифлата – 1.5 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Filimonov V.D. and et al Unusually stable, versatile, and pure arenediazonium tosylates: Their preparation, structures, and synthetic applicability // *Org. Lett.* – 2008. – no.10. – P. 3961–3964.
2. Filimonov V.D. and et al Synthesis, structure, and synthetic potential of arenediazonium trifluoromethanesulfonates as stable and safe diazonium salts // *Eur. J. Org. Chem.* – 2019. — no.4. — P. 665–674.
3. Tretyakov A. N. and et al A new one-pot solvent-free synthesis of pyridinyl tosylates via diazotization of aminopyridines // *Tetrahedron Lett.* – 2011. – no. 11. – P. 85–87.
4. Krasnokutskaya E. A., Kassanova Ass. Zh., Estaeva M. T., Filimonov V. D. A new synthesis of pyridinyl trifluoromethanesulfonates via one-pot diazotization of aminopyridines in the presence of trifluoromethanesulfonic acid // *Tetrahedron Lett.* – 2014. – no. 55. – P. 3771–3773.
5. Kassanova Ass.Zh., Krasnokutskaya E.A., Beisembai P., Filimonov V. D. A novel convenient synthesis of pyridinyl of quinolinyl triflates and tosylates via one-pot diazotization of aminopyridines and aminoquinolines in solution // *Synthesis.* – 2016. – no. 48. – P. 256–262.

РЕАЛИЗАЦИЯ ДЕКОДЕРА СООБЩЕНИЙ ДЛЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ЗАВИСИМОГО НАБЛЮДЕНИЯ-ВЕЩАНИЯ НА ПЛИС

А.Э. Ульяновская¹, А.Н. Мальчуков^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

²Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

E-mail: aeu4@tpu.ru

CRC-DECODER FPGA IMPLEMENTATION FOR ADS-B SYSTEM

A.E. Ulyanovskaya¹, A.N. Malchukov^{1,2}

¹Tomsk Polytechnic University,

²Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics

Annotation. *This article describes decoder implementation for ADS-B system messages. The decoder corrects bit errors that occur in received messages on the basis of the demodulator data and CRC check sum.*

Приём и обработка сообщений в системе автоматического зависимого наблюдения-вещания происходит следующим образом – с помощью навигационной спутниковой системы воздушное судно получает информацию о своём местонахождении и сообщениями в формате АЗН-В (112 бит) [1] передают эти и прочие данные на наземную станцию, где принимаются системой антенн, проходят через входной фильтр и поступают на блок приёмника сообщения. Именно в приёмнике данных и находится реализуемое устройство декодирования сообщений, которое проверяет целостность принятых данных на основе доверительной последовательности (112 бит), которую формирует приёмник сообщений исходя из соответствия бит определенным критериям. После проверки данные поступают на устройство обработки данных наблюдения, а оттуда в центр управления воздушным движением [2].

Каждое сообщение в системе АЗН-В состоит из преамбулы (двух синхронизирующих импульсов) и блока данных (112 бит), который в свою очередь имеет следующий формат [3]:

- тип сообщения (5 бит);

- информация о транспондере (3 бита);
- уникальный ИКАО-адрес летательного аппарата (24 бита);
- данные с полезной нагрузкой (56 бит);
- контроль четности в виде CRC (24 бита).

Алгоритм проверки целостности полученных данных основан на матричном методе алгоритма CRC [4]. Помимо полученного сообщения исходные данные содержат доверительную последовательность, которая в случае несовпадения CRC полученного и рассчитанного, поможет восстановить искаженное сообщение. В доверительной последовательности «1» означает высокую вероятность ошибки в данных, «0» – низкую. Если в последовательности количество единиц будет превышать заданное пороговое значение, восстановление будет невозможно из-за вычислительной сложности большого количества операций перебора и проверок.

На вход устройства подаются исходное сообщение $D(x)$ и доверительная последовательность $L(x)$ (рис.1). Далее в Блоке проверки CRC на основе полезных данных (88 старших бит сообщения) и образующего полинома вычисляется CRC и сравнивается с ранее полученной от отправителя CRC (младшие 24 бита сообщения). Если контрольные суммы совпали, на Блок вывода устройства $D_out(x)$ посылаются полезные данные сообщения.

При различии в контрольных суммах посылается сигнал об ошибке на Блок прямой проверки, где с помощью доверительной последовательности посредством её сложения по модулю 2 с информационной последовательностью, восстанавливаются данные. Полученная последовательность $D'(x)$ снова проходит проверку на соответствие CRC. Как и на предыдущем этапе проверки, если контрольные суммы совпали, на выход устройства посылаются данные сообщения. Иначе сигнал о наличии ошибки отправляется на Блок проверки соответствия пороговому значению, в котором считывается количество единиц доверительной последовательности и сравнивается с пороговым значением. Если количество единиц превышает пороговое значение, делаем вывод о невозможности восстановления сообщения – выходная последовательность обнуляется и на выход $error_out$ подаётся «1», тем самым сигнализируя об обнаружении неисправимой ошибки. В противном случае данные исходного сообщения и доверительная последовательность отправляются в Блок перебора. Каждую итерацию подозрительный бит исходного сообщения переключается, и уже новые данные посылаются в Блок проверки CRC и сравниваются. Если в ходе перебора не было получено совпадения CRC, на выход устройства посылается сигнал о невозможности восстановления данных – выходная последовательность $D_out(x)$ обнуляется и $error_out$ – «1». Иначе восстановленные данные посылаются на выход $D_out(x)$.

Согласно обобщенной функциональной схеме (см. рис.) был реализован декодер на ПЛИС посредством САПР Quartus II 9.1sp2 на языке описания аппаратуры VHDL с применением блочно-ориентированного подхода [5].

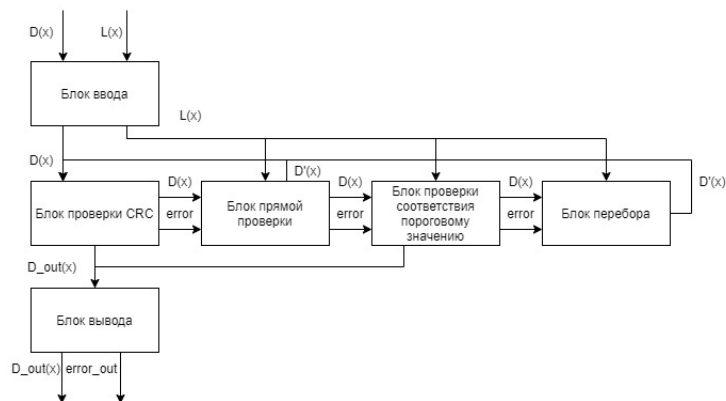


Рис. 1. Обобщённая функциональная схема устройства декодирования сообщений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Abdulaziz A., Yaro A.S., Adam A.A., Kabir M.T., Salau H.B. Optimum receiver for decoding ADS-B signals // American Journal of Signal Processing. – 2015. –no.5(2). – P. 23–31.
2. Применение АЗН-В [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forum.aeronet.aero/viewtopic.php?t=12> (дата обращения: 09.10.2020).
3. Технология ADS-B Расширенный сквиттер [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://adsbradar.ru/ads-b-conception> (дата обращения: 04.10.2020).
4. Мыцко Е.А., Мальчуков А.Н. Исследование программных реализаций табличного и матричного алгоритмов вычисления контрольной суммы // Вестник науки Сибири. – 2011. – №1(1). – С.273–278.
5. Ерёмин В.В., Мальчуков А.Н. О применении блочно-ориентированного подхода к разработке устройств на ПЛИС // Вестник науки Сибири. – 2011. – №1(1). – С.379–381.

ИЗМЕРЕНИЕ МГНОВЕННЫХ ЗНАЧЕНИЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В АСИНХРОННОМ ДВИГАТЕЛЕ С ПОМОЩЬЮ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ОБМОТОК

И.А. Набунский, К.В. Образцов, А.С. Глазырин, И.В. Раков, Д.С. Буньков
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
E-mail: nabunskiiivanlove@tpu.ru

MEASUREMENT OF INSTANTANEOUS MAGNETIC FIELD VALUES IN AN INDUCTION MOTOR USING A MEASURING WINDINGS

I.A. Nabunskiy, K.V. Obratsov, A.S. Glazyrin, I.V. Rakov, D.S. Bunkov
National Research Tomsk Polytechnic University

***Annotation.** The field-oriented control (FOC) algorithm requires information about the direction of the reference vector of flux linkage. In this paper, we propose one of the methods for measuring the magnetic field parameters in an induction motor. Experimental data of EMF from the measuring winding laid in the slots of the stator have been obtained and analyzed.*

Вращающий момент на валу асинхронного двигателя (АД) образуется путем векторного произведения двух векторов, отвечающих за электромагнитное состояние статора и ротора. В качестве таких векторов может служить как ток, так и потокосцепление [1, 2]. В зависимости от того какая переменная выбрана в качестве переменной состояния статора и ротора возможно шесть вариантов записи мгновенного значения крутящего момента:

$$\begin{aligned}
 M &= \frac{3}{2} \cdot z_p (\psi_{1\alpha} I_{1\beta} - \psi_{1\beta} I_{1\alpha}); & M &= \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{L_1} (\psi_{1\beta} I_{2\alpha} - \psi_{1\alpha} I_{2\beta}); \\
 M &= \frac{3}{2} \cdot z_p (\psi_{2\beta} I_{2\alpha} - \psi_{2\alpha} I_{2\beta}); & M &= \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{L_2} (\psi_{2\alpha} I_{1\beta} - \psi_{2\beta} I_{1\alpha}); \\
 M &= \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot L_m (I_{1\beta} I_{2\alpha} - I_{1\alpha} I_{2\beta}); & M &= \frac{3}{2} \cdot z_p \cdot \frac{L_m}{\sigma \cdot L_1 \cdot L_2} (\psi_{1\beta} \psi_{2\alpha} - \psi_{1\alpha} \psi_{2\beta}),
 \end{aligned} \tag{1}$$

где z_p – число пар полюсов АД, $\psi_{1\alpha}, \psi_{1\beta}, \psi_{2\alpha}, \psi_{2\beta}$ – ортогональные проекции потокосцепления статора и ротора в осях α, β ; $I_{1\alpha}, I_{1\beta}, I_{2\alpha}, I_{2\beta}$ – ортогональные проекции токов статора и ротора в осях α, β ; L_1, L_2 – эквивалентные индуктивности обмотки статора и ротора; L_m – результирующая индуктивность, обусловленная магнитным потоком в воздушном зазоре машины; $\sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2}$ – коэффициент рассеяния.