

Рис. 2. Структурная схема инфокоммуникационной системы мониторинга параметров аккумуляторов

— блок отображения информации — используется для представления результатов мониторинга в табличном и графическом виде;

— преобразователь напряжения — устройство, которое применяется для преобразования постоянного напряжения группы аккумуляторных батарей в переменное напряжение, необходимое для потребителя.

Блок отображения информации обеспечивает отображение статуса аккумуляторов, включающего количественные и качественные данные контролируемых параметров: напряжение каждого элемента, напряжение всей батареи, тока батареи и других основных параметров.

Количественные данные — величина напряжения и тока — выводятся на дисплей с использованием системы меню. ЭВМ осуществляет хранение и архивацию оперативных данных параметров системы в энергонезависимой памяти с использованием информации от встроенного таймера/календаря. Также в энергонезависимой памяти находятся значения граничных уставок и другая служебная информация, позволяющая восстановить работоспособность после пропадания напряжения питания.

В инфокоммуникационной системе мониторинга параметров аккумуляторов используется беспроводная радиосеть. Основным недостатком радиосистем по сравнению с проводными системами является их повышенная уязвимость от различных атак, направленных на нарушение работы радиолинии. Это нарушение работы может проявиться в срыве синхронизации, либо навязывании ложных режимов ее работы. Кроме того, целью атак может быть нару-

шение порядка распределения информационных потоков, срыв реализации сервисных услуг и др.

Оценим последствия воздействия преднамеренных помех на системы синхронизации связи в виде имитации ложных синхросигналов.

Рассмотрим систему беспроводной связи, в которой для синхронизации используются синхросигналы известной структуры. В этом случае постановщик помех способен обнаружить синхропоследовательность, разведать ее структуру и сгенерировать подобную с вероятностью, близкой к единице. В качестве показателей эффективности функционирования выберем следующие:

- вероятность своевременной передачи сообщений  $h(s)$ ;
- среднее время  $\bar{t}_n$  передачи сообщений;
- вероятность передачи сообщений за время не более заданного  $P(\bar{t}_n \leq T'_k)$ .

Для оценки результатов воздействия применим метод анализа стохастических сетей [4]. Пусть имеется линия радиосвязи, обеспечивающая передачу информации и прием подтверждений. Постановщик помех осуществляет имитацию ложных режимов синхронизации с целью нарушения процесса обмена информацией.

Рассмотрим случай, когда имитация помех синхронизации постановщиком помех осуществляется с вероятностью  $P$ . Если постановщик помех не осуществляет атаку на радиолинию, то сообщение передается за случайное время  $t_{nep}$  с функцией распределения:

$$B(t) = 1 - e^{-\mu t},$$

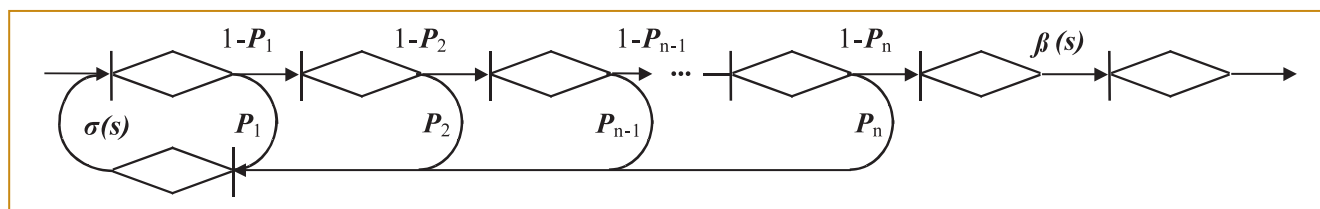


Рис.3. Стохастическая сеть процесса функционирования линии связи

$$\mu = \frac{1}{\bar{t}_{nep}}$$

где  $\bar{t}_{nep} = \frac{\bar{V}}{R_3}$  — среднее время передачи в отсутствии

помех;  $\bar{V}$  — средний объем передаваемых сообщений;  $R_3$  — эксплуатационная скорость передачи.

В противном случае линия связи восстанавливается за случайное время  $t_0$  и функцией распределения  $\Delta(t)$ :

$$\Delta(t) = 1 - e^{-dt},$$

где  $d = \frac{1}{\bar{t}_0}$ ;  $\bar{t}_0$  — среднее время восстановления линии

связи.

Применим метод топологического преобразования стохастических сетей [4] для исследования системы синхронизации в случае атаки постановщика помех. Стохастическая сеть процесса функционирования линии связи представлена на рис. 3. Указанная сеть состоит из вершин, означающих логические операции и направленных ветвей. Вершина в стохастической модели состоит из функций входа и выхода. Вход типа исключаящее "ИЛИ"  $\nabla$  означает, что любая ветвь, которая ведет к данной вершине, может быть реализована, но одна и только одна из ветвей может быть реализована в данное время. Вероятностный выход  $\triangleright$  означает, что после реализации вершины выбирается только одна ветвь.

Если в линии радиосвязи действуют атаки в виде имитации ложной синхропоследовательности, стохастическая сеть процесса ее функционирования примет вид согласно [4], показанный на рис. 4.

Для рассматриваемой радиолинии эквивалентная функция стохастической сети имеет вид [4]:

$$h(s) = \frac{1-P}{1-P\delta(s)} \beta(s),$$

где  $\beta(s) = \int_0^\infty e^{-st} d[B(t)] = \mu / (\mu + s)$  — преобразование Ла-

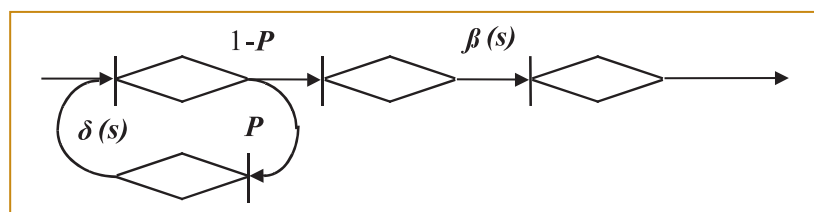


Рис. 4. Стохастическая сеть процесса функционирования линии связи в условиях имитации ложной синхропоследовательности

пласа — Стилтеса функции распределения времени передачи информации;  $\delta(s) = \int_0^\infty e^{-st} d[\Delta(t)] = d / (d + s)$  —

преобразование Лапласа — Стилтеса функции распределения времени восстановления.

Опуская промежуточные преобразования, получим формулу для вероятности своевременной передачи сообщений:

$$h(s) = \frac{(1-P)(1+\bar{t}_0 s)}{(1+s\bar{t}_0 - P)(1+s\bar{t}_{nep})} = \frac{\bar{t}_c(\bar{t}_c + \bar{t}_0)(1-P)}{(\bar{t}_c + \bar{t}_0 - P\bar{t}_c)(\bar{t}_c + \bar{t}_{nep})},$$

где  $s = 1/\bar{t}_c$ ;  $\bar{t}_c$  — среднее время старения информации;  $P$  — вероятность ввода ложной информации, определяемое как произведение вероятности доступности линии радиосвязи вводу ложной информации  $P_{об}$  и вероятности временного контакта  $P_{ок}$ .

Зависимости вероятности своевременной передачи информации от вероятности имитации ложной синхропоследовательности для различных  $A = t_{nep} / t_c$  показаны на рис. 5.

Среднее время передачи есть момент 1-го порядка от  $h(s)$ . Произведя необходимые преобразования, получим формулу:

$$\bar{t}_n = \bar{t}_{nep} + \bar{t}_0 \frac{P}{1-P}$$

Вероятность передачи сообщений за время, не более заданного, определяется по формуле:

$$P(\bar{t}_n < T'_3) = \begin{cases} \left( \frac{(\bar{t}_{nep} - \bar{t}_0)(1-P)}{\bar{t}_{nep}(1-P) - \bar{t}_0} \right) \left[ 1 - \exp\left\{ -T'_3 / \bar{t}_{nep} \right\} \right] - \\ \frac{\bar{t}_0 P}{\bar{t}_{nep}(1-P) - \bar{t}_0} \left[ 1 - \exp\left\{ -\frac{1-P}{\bar{t}_0} T'_3 \right\} \right] \\ \text{при } \bar{t}_{nep}(1-P) - \bar{t}_0 > 0 \\ 0, \text{ при } \bar{t}_{nep}(1-P) - \bar{t}_0 \leq 0. \end{cases}$$

Зависимости вероятности передачи информации в заданное время для различных вероятностей имитации ложной синхропоследовательности приведены на рис. 6.

В результате проведенного анализа зависимостей, показанных на рис. 5 и 6, сделаем следующие выводы:

— использование в радиолиниях синхропоследовательностей известной структуры существенно облегчает поста-

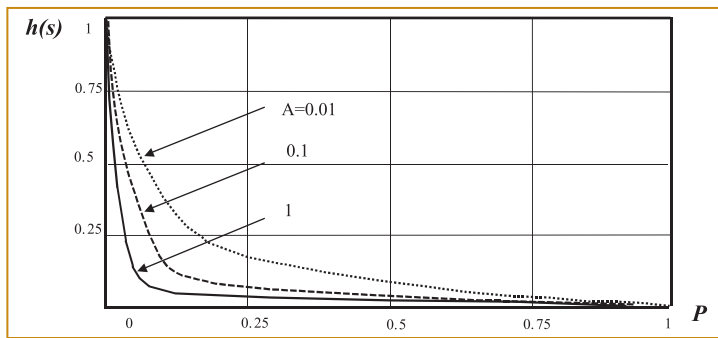


Рис. 5. Графики зависимости вероятности своевременной передачи сообщений от вероятности имитации ложной синхроследовательности

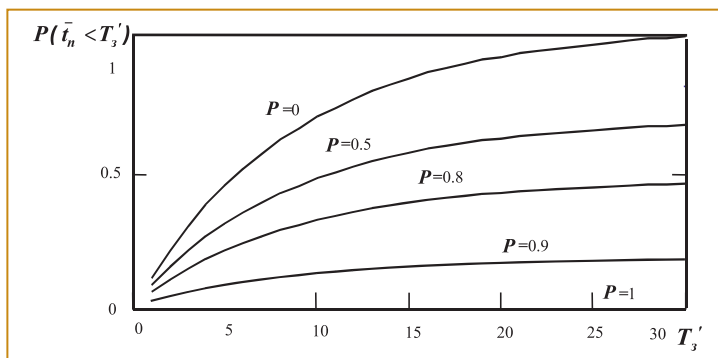


Рис. 6. Графики зависимости вероятности передачи информации в заданное время при различных вероятностях имитации ложной синхроследовательности

новщику помех их обнаружение и генерацию ложной синхроследовательности с высокой вероятностью. Это приводит к существенному снижению помехозащищенности радиолинии;

– имитация ложной синхроследовательности приводит к существенному снижению вероятности своевременной передачи. Так при вероятности имитации не ниже 0,5 вероятность своевременной передачи не превышает 0,1 для  $A = 0,01$ , что практически срывает процесс передачи информации в радиолинии;

– воздействие преднамеренных помех при высоких вероятностях имитации ложной синхроследовательности приводит к существенному возрастанию среднего времени передачи информации, так как ли-

ния радиосвязи переходит в режим непрерывного приема и анализа ложных синхроследовательностей;

– возможность имитации ложной синхроследовательности с высокой вероятностью приводит к существенному снижению вероятности передачи информации в заданное время. Так при вероятности имитации не ниже 0,8, вероятность передачи информации в заданное время не превышает 0,5;

– проведенный анализ свидетельствует о высокой уязвимости радиолиний инфокоммуникационной системы мониторинга параметров аккумуляторов ЭЭС от атак на систему синхронизации при использовании в ней детерминированных сигналов синхронизации. Обеспечение заданных вероятностно-временных характеристик передачи информации в условиях атак на систему синхронизации требует применения дополнительных мер, нацеленных на существенное снижение вероятности имитации ложных синхросигналов, например, использовать для синхронизации сигналы псевдослучайной структуры [5].

#### Список литературы

1. Фугаров Д.Д., Соломенцев К.Ю., Онышко Д.А., Пурчина О.А. Identification of parameters of control objects in the oil and gas complex // Наука и бизнес: пути развития. 2018. №3(81). С. 20-23.
2. Онышко Д.А., Пурчина О.А. A Pulse-Relaxation Method for Measuring the Parameters of Nickel-Cadmium Batteries // Physics and Mechanics of New Materials and Their Applications (PHENMA 2018) : 2018 International Conference, Busan, Republic of Korea: Abstracts and Schedule, 2018. P. 128.
3. Седов А.В., Онышко Д.А., Липкин М.С. Физико-математические принципы построения средств интеллектуального контроля автономных аккумуляторных источников питания // Фундаментальные исследования. 2015. № 12 (6) . С. 1134-1138.
4. Захаров Г.П., Симонов М.В. К вопросу о применении метода топологического преобразования стохастических сетей для исследования систем связи // Вопросы радиоэлектроники, сер. ТПС, вып. 2, 1972.
5. Онышко Д.А., Фугаров Д.Д., Скакунова Т.П., Герасименко А.Н. Стохастическая синхронизация автоматизированных систем удаленного мониторинга аккумуляторных батарей // Наука и бизнес: пути развития. 2018. № 10 (88). С. 37-40.

**Онышко Дмитрий Анатольевич** – канд. техн. наук, доцент каф. АИТ ЮРГПУ (НПИ) им. М.И. Платова  
**Фугаров Дмитрий Дмитриевич** – канд. техн. наук, доцент, и.о. зав. каф. АММ НГК,  
**Пурчина Ольга Андреевна** – ст. преподаватель каф. АММ НГК  
 Донской государственный технический университет.  
 Контактный телефон (863) 525-57-79.

Оформить подписку на журнал "Автоматизация в промышленности" вы можете:

по электронному каталогу "Почта России" ФГУП Почта России - подписной индекс **П7753**

• сайт журнала <http://www.avtprom.ru> • Редакцию

Адрес редакции: 117997, Москва, ул. Профсоюзная, д. 65, офис 360 Тел.: (495) 334-91-30, (926)212-60-97. E-mail: info@avtprom.ru