

МЕТОД ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ ЛИНЕЙНОЙ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

УДК [621.398.001+004.052+519.718]:621.6

Е.Г. Пашук, ООО «Газпром трансгаз Махачкала» (Махачкала, Республика Дагестан, РФ), epashuk@dgp.gazprom.ru

Х.Д. Ханакеев, ООО «Газпром трансгаз Махачкала», hanakaev-hd@dgp.gazprom.ru

В.В. Дронов, ООО «Газпром трансгаз Махачкала», dronov-vv@dgp.gazprom.ru

В.В. Ермошкин, ООО «Газпром трансгаз Махачкала», ermoshkin-vv@dgp.gazprom.ru

Для повышения надежности автоматизированной системы управления технологическими процессами (АСУ ТП) в ООО «Газпром трансгаз Махачкала» внедрена система мониторинга работы системы линейной телемеханики (СЛТМ), поскольку все объекты АСУ ТП используют СЛТМ как источник первичной информации. Мониторинг основан на анализе данных, получаемых из базы сервера сбора данных СЛТМ, что обеспечивает их объективность. В качестве параметра, характеризующего надежность СЛТМ, используется среднее относительное время отказа (СОВО), показывающего вероятность того, что хотя бы один объект системы не выполнит свои функции. Появилась возможность определения влияния на надежность основных факторов – внешнего электроснабжения, связи, резервного электропитания и аппаратно-программного комплекса. Извлечение данных из базы и их анализ осуществляются с помощью программного обеспечения, созданного в компании. Анализ полученных данных позволил выделить «узкие» места системы и разработать мероприятия по повышению ее надежности. Наибольшее влияние на снижение надежности оказывало низкое качество электроснабжения некоторых удаленных объектов АСУ ТП.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: СИСТЕМА ЛИНЕЙНОЙ ТЕЛЕМЕХАНИКИ, НАДЕЖНОСТЬ, КРИТЕРИЙ НАДЕЖНОСТИ, МОНИТОРИНГ НАДЕЖНОСТИ, БАЗА ДАННЫХ, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ.

СУЩЕСТВУЮЩИЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СЛТМ

Надежность (безотказность) СЛТМ в соответствии с требованиями [1] и стандартами [2, 3] характеризуется двумя критериями: средним временем между отказами (T_o) и коэффициентом готовности (K_r). Согласно [2, 3] для классов R3 и A3 T_o должно составлять не менее 8760 ч, а K_r – не менее 99,95%. T_o определяется на основе данных о количестве отказов (N_o) аппаратно-программного комплекса (АПК) СЛТМ и времени простоя (T_n), которые заносятся в базу данных информационной системы контроля «Инфотех» обслуживающим персоналом. Значение T_o за месяц или год с номером m определяется по формуле:

$$T_{o_m} = \frac{\sum T_m \cdot N_k - \sum T_{n_m}}{N_{o_m}}, \quad (1)$$

где $\sum T_m$ – суммарное время работы СЛТМ за промежуток времени (неделя, месяц, год) с номером m ; $\sum T_{n_m}$ и N_{o_m} – суммарное время простоя АПК СЛТМ и число отказов за то же время; N_k – число узлов СЛТМ или контролируемых пунктов телемеханики (КП ТМ).

Коэффициент готовности (K_r) определяется как отношение суммарного времени работы к сумме суммарного времени работы и времени простоя для месяца или года с номером m и рассчитывается по формуле:

$$K_{r_m} = \frac{\sum T_m \cdot N_k}{\sum T_m \cdot N_k + \sum T_{n_m}}. \quad (2)$$

В информационной системе контроля «Инфотех» безотказность СЛТМ характеризуется удельным количеством отказов (УКО), которое вычисляется по формуле:

$$УКО_m = \frac{N_{o_m}}{N_k}. \quad (3)$$

Сравнивая (2) и (3) и учитывая, что $\sum T_m \gg \sum T_{n_m}$, получаем связь между T_o и УКО:

$$УКО_m = \frac{\sum T_m}{T_{o_m}}. \quad (4)$$

Из (4) следует, что за год ($\sum T = 8760$ ч) согласно [2] для высшего уровня надежности R3 ($T_o = 8760$) УКО = 1. Оценка надежности параметром УКО не учитывает время отказа. Результаты анализа надежности АПК СЛТМ нашего предприятия по приведенным формулам представлены в табл. 1.

Как видно, надежность АПК СЛТМ полностью отвечает требованиям [1–3].

Недостаток существующей методики оценки надежности СЛТМ заключается в том, что приведенные показатели надежности ха-

Pashuk E.G., Gazprom transgaz Makhachkala LLC (Makhachkala, Republic of Dagestan, RF),

epashuk@dgp.gazprom.ru

Khanakaev Kh.D., Gazprom transgaz Makhachkala LLC, hanakaev-hd@dgp.gazprom.ru

Dronov V.V., Gazprom transgaz Makhachkala LLC, dronov-vv@dgp.gazprom.ru

Yermoshkin V.V., Gazprom transgaz Makhachkala LLC, ermoshkin-vv@dgp.gazprom.ru

Method for the assessmeng of the reliability of the line telemechanics system

To increase the reliability of the Automatic Process Control System (APCS), Gazprom transgaz Makhachkala LLC, implemented a monitoring system of the line telemechanics system (LTS) since all facilities of the APCS use the LTS as a source of primary information. The monitoring is based upon the analysis of data obtained from the data collection server base of the LTS which guarantees their fairness. As a parameter that characterizes the reliability of the LTS, one uses the mean relative time to failure (MRTTF) which demonstrates a possibility of one facility of the system failing to perform its functions. There is a capacity to establish the impact upon the reliability of the main factors – external power supply, connection, backup power supply and hardware and software complex. The extraction and analysis of data from the basis are performed with the help of specific software. The analysis of obtained data helped identify the bottlenecks of the system and develop measures to increase its reliability. The low quality of power supply of certain remote facilities of the APCS had the most impact upon the loss in reliability.

KEY WORDS: LINE TELEMECHANICS SYSTEM, RELIABILITY, RELIABILITY CRITERION, RELIABILITY MONITORING, DATA BASE, SOFTWARE, POWER SUPPLY.

Таблица 1. Результаты анализа надежности АПК СЛТМ ООО «Газпром трансгаз Махачкала»

Год	Среднегодовое время между отказами T_o , тыс. ч	Среднегодовой коэффициент готовности K_r , %	УКО
2013	18,96	99,984	0,443
2014	27,67	99,992	0,31
2015	27,79	99,993	0,315
2016	23,4	99,993	0,374

рактически только надежность АПК СЛТМ и не учитывают влияния надежности технологической связи и электроснабжения. Пользователю все равно, по какой причине СЛТМ не выполняет свои функции. Кроме того, при внесении данных в «Инфотех» присутствует фактор субъективности.

ПРЕДЛАГАЕМЫЙ СПОСОБ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ СЛТМ

В нашем Обществе для комплексной оценки надежности работы СЛТМ используется среднее относительное время отказа (СОВО), определяемое как отношение суммарного времени отказа к суммарному времени работы СЛТМ. Исходные данные получают непосредственно из базы данных сервера сбора данных СЛТМ, что обеспечивает их объективность и возможность мониторинга. Важно, что база данных СЛТМ (БД) содержит

информацию о причине отказа, что позволяет отдельно оценить вклады в надежность АПК СЛТМ технологической связи, внешнего электроснабжения и резервного электропитания (СОВО_АПК, СОВО_СПД, СОВО_ЭС, СОВО_РЭ).

Для промежутка времени с номером m значение СОВО_ X_m можно вычислить по формуле:

$$\text{СОВО_}X_m = \frac{\sum TX_m}{\sum T_m \cdot N_k}, \quad (5)$$

где $\sum TX_m$ – суммарное время отказа по причине X , остальные члены формулы описаны в статье ранее. СОВО_РЭ вычисляется по формуле:

$$\text{СОВО_РЭ}_m = \frac{\sum TЭС_m - \sum ТАКБ_m}{\sum T_m \cdot N_k}, \quad (6)$$

где $\sum ТАКБ_m$ – суммарное время работы КПТМ от аккумуляторных батарей (АКБ) за промежуток времени m .

ПРОЦЕДУРА ВЫЧИСЛЕНИЯ $\sum TX_m$ ИЗ БД СЛТМ

БД содержит следующие таблицы:

- 1) реального времени;
- 2) ведомостей, в которую каждый час записываются значения всех параметров КП ТМ;
- 3) параметров, содержащую все параметры контролируемой системы;
- 4) состояний, содержащую сведения о состоянии всех параметров («есть», «нет», «норма», «предупреждение» и т. д.).

Выборка данных из БД позволяет подсчитать время отсутствия передачи данных, отсутствия внешнего электроснабжения, сбоев работы АПК СЛТМ и время работы КП ТМ от АКБ. Пример записи, извлеченной из БД, приведен в табл. 2.

Записи означают, что связь пропала в 0:21:39 и 02:33:35, восстановлена в 0:31:40 и в 2:36:37.

Суммируя, получаем, что время отсутствия связи 08.12.2014 составило 13 мин 03 с. Процедура извлечения данных из БД автоматизирована с помощью написанного программного обеспечения (ПО).

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДА

ПО написано на языке Web-программирования PHP с поддержкой Web-сервера Apache. Доступ к приложению осуществляется с помощью стандартного Web-браузера. В окне выбора исходных данных возможен выбор КП ТМ (одно или «все»), критерия времени отказа (принятое время, истечение которого считается отказом) и интервала дат.

Из БД выбираются данные для выбранного КП ТМ и подсчитываются интервалы времени:

- время сбоев сети внешнего электроснабжения;
- время сбоев сети передачи данных;
- время отказов всех блоков АПК СЛТМ и датчиков;
- время работы от АКБ.

Далее создается дерево папок – для каждого линейного производственного управления магистральных газопроводов (ЛПУМГ) свое. В папке Files_xls сохраняются электронные таблицы с результатами выборки в формате Excel.

Для извлечения данных в окне ПО выбирается пункт: «Сбои электроснабжения», «Сбои передачи данных», «Сбои АПК», «Работа от АКБ». Затем выбираются одно или все КП ТМ и интервал дат. При нажатии на кнопку «Показать» передается управление PHP-скриптам. Данные записываются в промежуточную таблицу БД MySQL, после чего создается файл в формате Excel, в котором посредством языка PHP формируется таблица, и в нее уже из БД MySQL заносятся данные. Полученные файлы электронных таблиц содержат объективную информацию в удобной для анализа форме. В соответствующие ячейки та-

Таблица 2. Пример записи, извлеченной из БД

Date	Time	KP	Param	Value	State	Quality
08.12.2014	00:21:39	145	2	1	104	192
08.12.2014	00:31:40	145	2	0	103	192
08.12.2014	02:33:35	145	2	1	104	192
08.12.2014	02:36:37	145	2	0	103	192

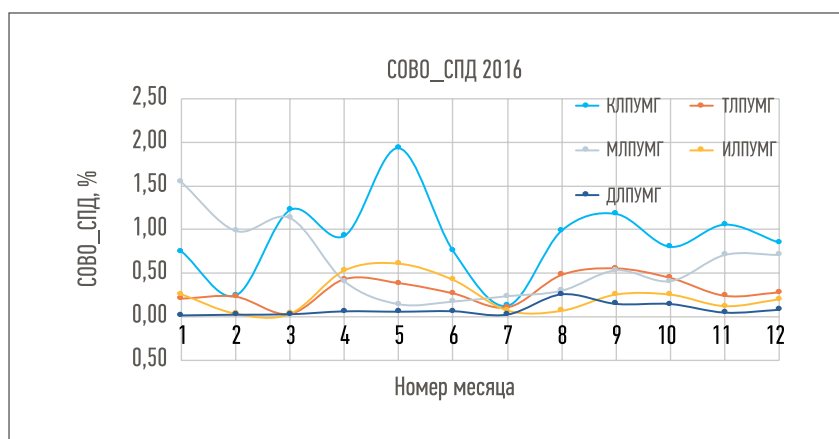


Рис. 1. Среднее относительное время отказов передачи данных в 2016 г.: КЛПУМГ – Кизильуртовское, ТЛПУМГ – Тарумовское, МЛПУМГ – Махачкалинское, ИЛПУМГ – Избербашское, ДЛПУМГ – Дербентское ЛПУМГ

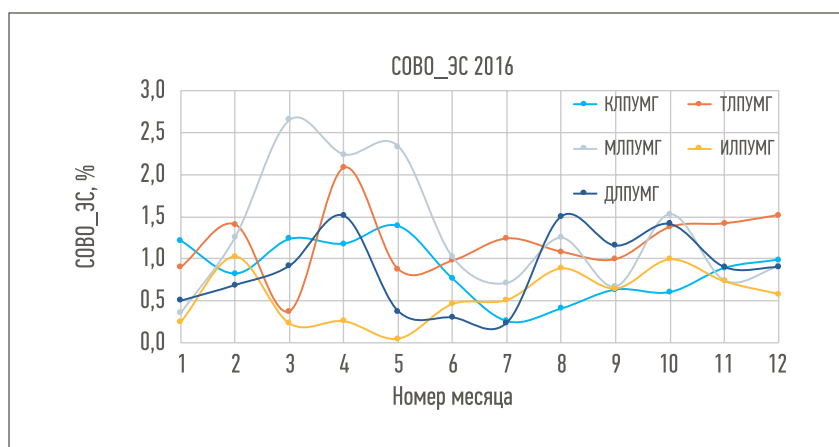


Рис. 2. Среднее относительное время отказов внешнего электроснабжения в 2016 г.: КЛПУМГ – Кизильуртовское, ТЛПУМГ – Тарумовское, МЛПУМГ – Махачкалинское, ИЛПУМГ – Избербашское, ДЛПУМГ – Дербентское ЛПУМГ

блицы занесены формулы (5), (6) и шаблоны для автоматического построения графиков.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТОДИКИ

На рис. 1–4 представлены временные зависимости СОВО_СПД, СОВО_ЭС, СОВО_АПК, СОВО_РЭ для всех ЛПУМГ нашего предприятия в 2016 г.

Как видно из рисунков, использование предложенной методики оценки надежности СЛТМ более полно характеризует готовность системы выполнять свои функции и позволяет найти слабые звенья. Наибольшее влияние на снижение надежности СЛТМ оказывает низкое качество электроснабжения некоторых ее удаленных объектов – узлов связи и КП

ТМ. Высокие значения $COVO_{СПД}$ 2016 (рис. 1) для Кизилюртовского ЛПУМГ также определены низким качеством электропитания узлов технологической связи.

В табл. 3 сведены изменения средних относительных времен отказов, определенных по приведенной здесь методике оценки надежности, в течение трех лет.

Здесь $COVO_{СЛТМ} = COVO_{СПД} + COVO_{АПК} + COVO_{РЭ}$. Из таблицы видно, что надежность АПК СЛТМ практически постоянна и значительно выше, чем надежность внешнего электроснабжения и передачи данных.

$COVO_{РЭ}$ в 2016 г. заметно снизилось. Мы считаем, что это результат внедрения солнечных электрогенераторов [4] и системы мониторинга АКБ КП ТМ. Эта система основана на периодическом измерении реальной емкости АКБ и статистическом анализе данных. На основании анализа определяются нуждающиеся в замене или реанимации АКБ, пары несогласованных АКБ и создается соответствующий план мероприятий. На рис. 4 видно, что традиционное увеличение отказов резервного электропитания в зимние месяцы заметно снизилось после проведенных летом мероприятий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенный метод оценки надежности работы СЛТМ позволяет более объективно определять способность системы выполнять свои функции. Он позволил определить вклад разных причин в снижение надежности.

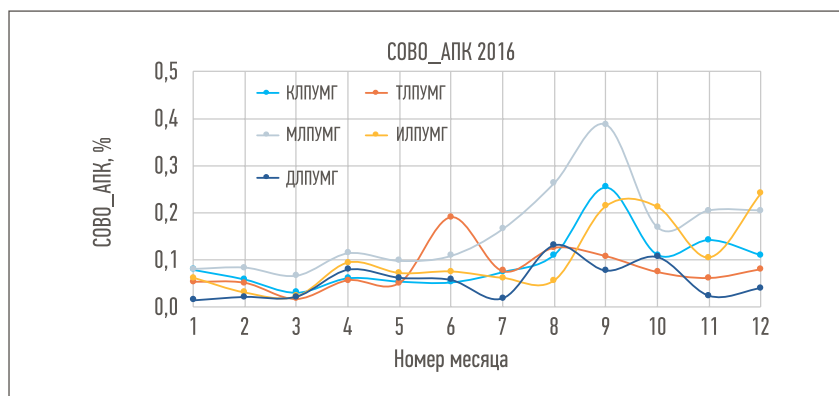


Рис. 3. Среднее относительное время отказов АПК СЛТМ в 2016 г.: КЛПУМГ – Кизилюртовское, ТЛПУМГ – Тарумовское, МЛПУМГ – Махачкалинское, ИЛПУМГ – Избербашское, ДЛПУМГ – Дербентское ЛПУМГ

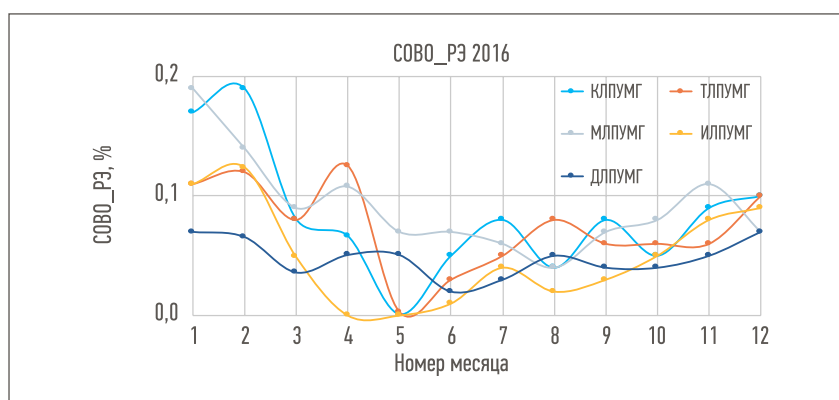


Рис. 4. Среднее относительное время отказов резервного электропитания в 2016 г.: КЛПУМГ – Кизилюртовское, ТЛПУМГ – Тарумовское, МЛПУМГ – Махачкалинское, ИЛПУМГ – Избербашское, ДЛПУМГ – Дербентское ЛПУМГ

Таблица 3. Изменения средних относительных времен отказов, определенных по приведенной методике оценки надежности в течение 2014–2016 гг.

Год	$COVO_{ЭС}$, %	$COVO_{СПД}$, %	$COVO_{АПК}$, %	$COVO_{РЭ}$, %	$COVO_{СЛТМ}$, %
2014	1,53	1,48	0,14	0,28	1,90
2015	1,58	1,78	0,13	0,23	2,14
2016	0,96	0,43	0,09	0,10	0,62

Возможность ежемесячно или еженедельно получать значения параметров надежности позволяет осуществлять ее мониторинг и вовремя принимать соответствующие меры. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Р Газпром. Временные технические требования к системам линейной телемеханики. 2012. 37 с.
2. ГОСТ Р МЭК 870–4–93. Устройства и системы телемеханики. Ч. 4. Технические требования. М.: Госстандарт России, 1993. 27 с.
3. ГОСТ IEC 60870–4–2011. Устройства и системы телемеханики. Ч. 4. Технические требования. М.: Стандартинформ, 2013. 48 с.
4. Гусейнов К.Б., Пашук Е.Г., Халилов Ш.А. Необходимая мощность солнечных электрогенераторов на объектах АСУТП // Газовая промышленность. 2014. № 9. С. 25–28.

REFERENCES

1. Gazprom Regulation. Temporary Technical Requirements to Line Telemechanics Systems. 2012. 37 p. (In Russian)
2. GOST R MEK 870–4–93. Telemechanics Devices and Systems. P. 4. Technical Requirements. M.: GosStandard of Russia, 1993. 27 p. (In Russian)
3. GOST IEC 60870–4–2011. Telemechanics Devices and Systems. P. 4. Technical Requirements. M.: Standartinform, 2013. 48 p. (In Russian)
4. K.B. Guseynov, Pashuk E.G., Khalilov Sh.A. Required Capacity of Solar Power Generators at the Facilities of the Automatic Process Control System. Gazovaya promyshlennost' = Gas Industry, 2014, No. 9, P. 25–28. (In Russian)