

УДК 004.94 : 681.5

Е.В. Шитикова, мл. науч. сотр.,
Г.В. Табунщик, канд. техн. наук, проф.
Запорожский национальный технический университет
helenshitikova@gmail.com

Динамическая модель передачи данных газотурбинных установок наземного применения

В данной работе предложено решение проблемы потери данных результатов испытаний газотурбинных установок наземного применения (ГТУ НП). Авторами разработана динамическая модель передачи архивных данных из системы автоматизированного управления на сервер базы данных, сформулирована задача управления обменом данными для распределенной сети ГТУ НП. Приведены результаты экспериментов по передаче данных.

Ключевые слова: газотурбинная установка наземного применения, результаты испытаний, передача данных, динамическая модель.

Введение

Испытания позволяют объективно установить соответствие показателей качества продукции требованиям нормативной документации, выявить фактические значения этих показателей, проверить, удовлетворяет ли продукция требованиям стандартов, сравнить качество изделий с качеством аналогов [1]. Одним из показателей качества выпускаемой продукции является ее надежность.

Все характеристики надежности сложных технических систем, к которым относятся и газотурбинные установки наземного применения (ГТУ НП), на практике определяются путем обработки статистических данных, которая достаточно трудоемка, а поэтому должна быть надлежащим образом организована [2]. С ростом числа выпущенных ГТУ НП процесс учета и хранения большого количества статистических данных только усложняется.

Управление работой ГТУ НП происходит с помощью системы автоматизированного управления (САУ).

Однако, несмотря на всю сложность и важность системы автоматического управления для ГТУ НП, она не решает всех вопросов автоматизации процесса испытаний.

Поэтому авторами была разработана система поддержки принятия решений (СППР) для процесса испытаний ГТУ НП [3]. Подсистема анализа данной СППР помогает принять решение при выборе контрмер на основе критичности рисков. Подсистема мониторинга производит сбор параметров ГТУ НП, ускоряет процесс доступа к ним, что позволяет сократить время на принятие решения о состоянии объекта и дальнейшем его управлении.

Постановка проблемы

САУ ГТУ НП предназначена для обеспечения следующих функций:

- автоматического управления и регулирования ГТУ НП;
- оперативного контроля параметров всех систем и агрегатов;
- работы защит основного и вспомогательного технологического оборудования в случае возникновения аварийных ситуаций;
- оперативного управления и контроля по командам оперативного персонала;
- подачи своевременной информации о ходе технологического процесса и состоянии оборудования;
- оптимальных климатических условий в отсеках ГТУ НП, с учетом их особенностей;
- регистрации контролируемых параметров с созданием архивных файлов;
- блокирования некорректных действий оперативного персонала;
- эксплуатационной готовности, стабильности и бесперебойной работы ГТУ НП.

Передача данных от САУ на сервер базы данных осуществляется по защищенному радиоканалу, таким образом, осуществляется удаленный доступ ко всем географически распределенным установкам, количество которых может достигать нескольких сотен, или через съемный носитель. Ввод данных с нештатной аппаратуры осуществляется с помощью специально организованных форм-запросов через точку доступа на переносном ПК или через устройство исполнителя.

Одной из функций САУ ГТУ НП является регистрация контролируемых параметров с созданием архивных файлов. Количество контролируемых входных и выходных аналоговых и дис-

кретных сигналов колеблется в пределах 500-600 штук в зависимости от типа и модификации ГТУ НП.

При работе ГТУ НП в штатном режиме производится запись секундного архива на протяжении всего времени работы с созданием архивного файла каждый час работы установки. Один файл часовой работы занимает порядка 8 Мбайт.

При возникновении аварийного останова в аварийный архив записываются данные каждые 100 мс, начиная со времени за 5 минут до аварийного останова. Окончание записи в аварийный архивный файл производится или нажатием кнопки «Сброс» или через 5 минут после аварийного останова. Таким образом, аварийный архивный файл, как правило, с 10 минутной записью занимает порядка 25 Мбайт.

При записи архивного файла САУ контролирует свободную память на жестком диске. Для освобождения памяти под новый архивный файл старые архивные файлы могут уничтожаться.

Поэтому целью данной работы является обеспечение целостности результатов испытаний за счет оптимизации периода передачи архивных файлов из САУ в базу данных.

Для этого необходимо разработать динамическую модель передачи данных с параметрами работы ГТУ НП в процессе испытаний и сформулировать задачу управления обменом данными для распределенной сети ГТУ НП.

Разработка динамической модели передачи данных

Пусть на жестком диске панельного компьютера шкафа управления САУ под запись архивных файлов отводится V Мбайт. При этом размер файла САУ с секундным архивом, содержащим данные за час работы установки составит B Мбайт. А размер аварийного архивного файла с 10 минутной записью – C Мбайт.

Для обеспечения дополнительной надежности ведем коэффициент запаса свободного места на жестком диске панельного компьютера шкафа управления САУ – ω , который показывает, насколько необходимо увеличить размер выделяемой области памяти под запись архивных файлов, чтобы избежать потери данных в случае возможных расчетных ошибок. Как правило, величину ω выбирают не более 1, что является достаточным для предложенных целей. В отдельных случаях ω может быть более 1.

Тогда объем места на жестком диске V_{base} , необходимого под запись архивных файлов одного испытания или планируемых работ можно определить следующим соотношением:

$$V_{base} = (1 + \omega)(\tau B + \sigma C), \quad (1)$$

где τ – предполагаемое время наработки ГТУ НП при запланированных работах, ч;
 σ – допустимое нормативной документацией количество аварийных остановов.

При этом кратность λ фактически выделяемого объема жесткого диска к необходимому объему составит:

$$\lambda = \frac{V}{V_{base}}, \quad (2)$$

При этом $\lambda < 1$ говорит о том, что выделяемого места на жестком диске под запись архивных файлов более чем необходимо для проведения запланированных работ или испытаний. Тем не менее, во избежание потери информации по окончании всех запланированных работ архивные файлы САУ должны быть переданы на сервер БД.

Таким образом, период η , по окончании которого целостность данных не может быть гарантирована, составит:

$$\eta = \frac{\tau}{\lambda} = \tau \frac{V_{base}}{V} = \frac{\tau(1 + \omega)(\tau B + \sigma C)}{V}, \quad (3)$$

Каждый из таких периодов включает в себя и время, необходимое на передачу данных, которое можно представить в виде соотношения:

$$\tau_{transfer} = \frac{V_{base}}{v_{net}}, \quad (4)$$

где v_{net} – средняя скорость передачи данных по сети.

Тогда период η' передачи архивных файлов из САУ на хранение в БД определим как:

$$\begin{aligned} \eta' &= \eta - \tau_{transfer} = \tau \frac{V_{base}}{V} - \frac{V_{base}}{v_{net}} = \\ &= V_{base} \left(\frac{\tau}{V} - \frac{1}{v_{net}} \right) = \\ &= (1 + \omega)(\tau B + \sigma C) \left(\frac{\tau}{V} - \frac{1}{v_{net}} \right) \end{aligned}, \quad (5)$$

Согласно теоретико-множественному подходу можно описать динамическую модель передачи данных с параметрами работы ГТУ НП в процессе испытаний:

$$M_{storage} = \langle Obj_i; Y'_i; Z'_i; U'_i; D'_i; \eta'_i \rangle, \quad (6)$$

где $i = 1, 2, \dots, i$ – число установок, проходящих испытания;

$Obj_i = \langle Obj_{type}; S_{numb} \rangle$ – кортеж, однозначно определяющий i -ый объект испытаний;

для которого будет осуществляться передача данных;

где Obj_{type} – тип объекта испытаний;

S_{numb} – серийный номер объекта испытаний;

Y'_i – подмножество результатов испытаний, принадлежащее множеству Y выходных параметров базовой модели процесса испытаний [4];

Z_i' – подмножество состояний i -го объекта при передаче данных: считывание архивных данных с жесткого диска панельного компьютера шкафа управления САУ, оперирование этими данными в компьютере, ожидание ответа при передаче архивных данных и их записи на сервер БД и т.д. Подмножество Z_i' принадлежит множеству Z базовой модели процесса испытаний [4];

U_i' – подмножество условий, принадлежащее множеству U базовой модели процесса испытаний [4]. Выполнение данных условий влечет за собой смену состояний Z_i' i -го объекта

D_i' – подмножество, определяющее работы проводимые при испытаниях i -го объекта и принадлежащее множеству D базовой модели процесса испытаний [4];

η_i' – период передачи архивных файлов из САУ i -го объекта испытаний на хранение в БД.

Особенность данной модели заключается в том, что она учитывает технические нюансы каждой из установок.

Эксперименты по передаче данных

Разработанная выше динамическая модель, описываемая формулой (6), была использована как основа представления данных в подсистеме считывания архивной информации СППР процесса испытаний ГТУ НП, а также для определения максимально возможного периода считывания данных для каждой установки, превышение которого может привести к потере архивных данных САУ с результатами испытаний ГТУ НП.

В экспериментах по передаче данных участвовало пять промышленных электростанций и один газоперекачивающий агрегат производства АО «Мотор Сич», Украина.

Работы проводились во время приемосдаточных испытаний на стенде испытательного цеха завода согласно действующим программам испытаний. При этом также проходило бета-тестирование разработанной СППР процесса испытаний ГТУ НП.

Для всех ГТУ НП проводились приработка, отладка регулируемых параметров, проверка защит и САУ в процессе испытаний, определение основных параметров работы и проверка их на соответствие нормам, ступенчатый набор мощности от холостого хода до максимальной нагрузки (1,2 от номинальной нагрузки). Для электростанций также проводились испытания на режимах автономной работы, параллельной работы с аналогичной электростанцией и параллельной работы с энергосистемой, мгновенный сброс/наброс нагрузки, определение экологических параметров.

Сбор и первичная обработка данных проводилась в два этапа. На первом с помощью модуля Администрирования проводилось наполнение базы данных общей информацией: существую-

ющие типы ГТУ НП, их системы и контролируемые параметры, информация о сотрудниках, принимающих участие в испытаниях, данные о программах испытаний и работы проводимые по ним. Второй этап – это непосредственно фиксация результатов испытаний с созданием новых записей в базе данных о проводимых работах по испытаниям конкретных образцов ГТУ НП.

В результате наработки установок замеры штатной аппаратуры сохранялись в архивных файлах САУ, которые с помощью подсистемы считывания архивных данных передавались удаленно на сервер базы данных.

Замеры нештатной аппаратуры (данные газоанализатора по замерам вредных эмиссий выхлопных газов) вводились работниками с помощью Android-приложения, использующего специальные формы-запросы.

В результате экспериментов с помощью подсистемы считывания архивных данных на сервер БД было передано порядка 8 Гбайт информации с замерами штатной аппаратуры, что составило более 1000 файлов. До применения данной подсистемы копирование проводилось вручную с помощью съемных носителей, что не гарантировало целостности и адекватности данных.

Заключение

В работе было предложено решение задачи оптимального управления передачей данных результатов испытаний ГТУ НП

Для обеспечения целостности результатов испытаний была разработана динамическая модель передачи данных с параметрами работы ГТУ НП в процессе испытаний. И сформулирована задача управления обменом данными для распределенной сети ГТУ НП.

Данная модель была использована в подсистеме считывания архивной информации СППР процесса испытаний ГТУ НП, необходимой для обеспечения сохранности результатов испытаний. В работе представлены функциональные требования к данной подсистеме.

Приведены результаты экспериментов по передаче данных при апробации разработанной подсистемы в составе СППР процесса испытаний ГТУ НП.

Разработанная динамическая модель является основой представления данных в подсистеме считывания архивной информации, а также описывает оптимальный период считывания архивных файлов САУ, что позволяет обеспечить актуальность и целостность результатов испытаний ГТУ НП.

Благодарности

Авторы выражают благодарность за оказанную помощь и содействие руководству Управ-

ления энергетических установок и газоперекачивающих агрегатов АО «Мотор Сич» в лице Главного конструктора – начальника управления В.И. Морозова, Заместителя главного конструктора –

начальника управления В.П. Митина, Главного конструктора ГПА В.Н. Разношинского.

Список использованной литературы

1. Шишкин И.Ф. Испытания и испытательное оборудование: учеб. пособ. / И.Ф. Шишкин, Г.Ф. Сергушев. – СПб.: СЗТУ. - 1999. – 37с.
2. Kolowrocki K. Reliability of Large and Complex Systems / Krzysztof Kolowrocki. – 2nd edition. – Publisher: Elsevier. – 2014. – 460 p.
3. Shytikova O. Automated decision support system for GTU tests process / O. Shytikova, G. Tabunshchuk // Central European Researchers Journal. –2015. – Vol. 2. - PP.51-56.
4. Шитикова Е.В. Формализация процесса испытаний ГТУ НП / Е.В. Шитикова, Г.В. Табунщик // Электротехнические и компьютерные системы. – 2015. – № 18(94). – С.75-80. DOI: 10.15276/etks.18.94.2015.14.

Надійшла до редакції 10.03.2016

О.В. ШИТИКОВА, Г.В. ТАБУНЩИК

Запорізький національний технічний університет

ДИНАМІЧНА МОДЕЛЬ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ ГАЗОТУРБІННИХ УСТАНОВОК НАЗЕМНОГО ВИКОРИСТАННЯ

У даній роботі запропоновано вирішення проблеми втрати даних результатів випробувань газотурбінних установок наземного використання. Авторами розроблена динамічна модель передачі архівних даних з системи автоматизованого управління на сервер бази даних, сформульована задача управління обміном даних для розгалуженої мережі ГТУ НВ. Представлені результати експериментів з передачі даних.

Ключові слова: газотурбінна установка наземного використання, результати випробувань, передача даних, динамічна модель.

O.V. SHYTIKOVA, G.V. TABUNSHCHUK

Zaporizhzhya National Technical University

THE DYNAMIC MODEL OF DATA TRANSFER FOR GTU TESTS RESULTS

This paper considers the problem of the possible data loss with test results of gas turbine unit for terrestrial usage (GTU). Data transfer is implemented by removable media or a protected radio channel. Data input with non-regular equipment is performed with access point on PC or portable device of staff with help of a specially organized inquiry form. One of the functions of Automated control system (ACS) is to record the monitored parameters with the creation of the archive files. ACS controls the free memory on the hard drive when recording an archival file. The old archival files may be destroyed in order to free up memory for the new archival file. It is necessary to organize the timely data transfer of archival files into the database in order to avoid data loss on the GTU operation results. This is especially relevant for long-term tests of GTU. Therefore, a dynamic model of data transfer for GTU tests process was developed to ensure the integrity of test results. This model was used in the archival data reading subsystem of design support system for GTU test process required to ensure the safety of test results. The paper presents the functional requirements for this subsystem. The experiments results on the data transfer at approbation of the developed subsystem as part DSS are presented in this work. The developed dynamic model is the basis for view of data in the archival data reading subsystem and describes the optimal period reading of archival files, which ensures the relevance and integrity of GTU test results.

Keywords: gas turbine unit for terrestrial usage, tests results, dynamic model, data transfer.