

Шутинський О.Г., к.техн. н., доцент, Снурніков Д.В., аспірант

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОНТРОЛЕРІВ

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

Ключові слова: автоматична система, контролер, контур регулювання, надійність.

Для оцінки поведінки автоматичної системи в експлуатаційних умовах використовується поняття надійності системи. При експлуатації автоматична система може піддаватися впливу: механічних навантажень (вібрацій, ударів, постійного прискорення); електричних навантажень (напруги, електричного струму, потужності); навколишніх умов (температура, вологість, тиск) [1].

Вплив зазначених факторів проявляється у вигляді відхилень параметрів системи від номінальних (розрахункових) значень. Ці відхилення можуть бути настільки значними, що система стає непридатною до використання, так як виникнення великих відхилень параметрів від розрахункових значень при експлуатації системи призводить до аварії.

Коли система перестає задовольняти пропонованим до неї вимогам, систему вважають відмовленою [2]. Отже, надійність є однією з характеристик якості системи, тому вона, як і інші характеристики системи (точність, швидкодію), повинна оцінюватися кількісно на основі аналізу технічних параметрів системи в експлуатаційних умовах.

Так як на окремі технічні параметри системи впливають різні фактори (схемні, конструктивні, виробничі та експлуатаційні) і врахувати їх аналітично при детермінованому підході до аналізу системи неможливо, то кількісна оцінка надійності системи можлива тільки на основі теорії ймовірностей або її спеціальних розділів (теорії випадкових процесів і математичної статистики) [3].

Таким чином, надійність являє собою важливу проблему сучасної техніки на стадії експлуатації апаратури, і на стадії її проектування. Особливість будь-якої автоматичної системи полягає в тому, що при відмові обмеженої кількості її елементів настає відмова всієї системи [4]. Це може привести до тяжких наслідків, бо сучасні системи вирішують важливі задачі, їх апаратура відрізняється великою вартістю.

Розрахувати надійність контуру регулювання – це означає визначити кількісні характеристики надійності контуру на основі відомих характеристик його складових елементів [5].

Була проведена перевірка впливу контролера на надійність контуру регулювання. При розрахунку контурів регулювання, які складаються з кількох елементів, ймовірність безвідмовної роботи контуру (P_c) визначається як добуток ймовірностей безвідмовної роботи окремих елементів [6].

$$P_c = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots \cdot P_n = \prod_{i=1}^n P_i, \quad (1)$$

де N – кількість елементів контуру; P_i – ймовірність безвідмовної роботи i -го елемента.

Однак на практиці частіше використовується середня інтенсивність відмов λ_i для розрахунку ймовірності безвідмовної роботи, оскільки цей параметр можна знайти в паспортах приладів [7].

$$\lambda_i = \frac{1}{T_i},$$

де T_i – середній час безвідмовної роботи.

Тоді ймовірність безвідмовної роботи контуру регулювання можна обчислити за допомогою наступної формули [8]:

$$P_c = \prod_{i=1}^N P_i = \prod_{i=1}^N e^{-\lambda_i t}, \quad (2)$$

де t – час роботи елемента контуру; λ_i – середня інтенсивність відмови для i -го елемента; N – кількість елементів у контурі.

Під час розрахунку ймовірності безвідмовної роботи контуру регулювання необхідно враховувати, що середня тривалість роботи контуру протягом року становить 300 днів, а контур працює цілодобово ($300 \cdot 24 = 7200$ годин на рік) [9].

Було розглянуто контур регулювання температури і порівняємо ймовірність безвідмовної роботи контуру, розробленого з використанням локальних засобів та контуру, що використовує контролер ПЛК Eaton XC-303, протягом 1 року [10–12].

1а – термопара Eaton E58SC-12;

1б – прилад Диск-250;

1в – електронний регулятор Р-17;

КМ20 – пускач ПБР-2М;

1г – виконавчий механізм МЕО-250/10-0,25-92.

$$\begin{aligned} P_{1a}(t) &= e^{-3,3 \cdot 10^{-6} \cdot 7200} = 0,977; \\ P_{1б}(t) &= e^{-7,2 \cdot 10^{-7} \cdot 7200} = 0,951 \\ P_{1в}(t) &= e^{-3,51 \cdot 10^{-6} \cdot 7200} = 0,972 \\ P_{КМ20}(t) &= e^{-7,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7200} = 0,947 \\ P_{1г}(t) &= e^{-4,6 \cdot 10^{-6} \cdot 7200} = 0,967 \\ P_C(t) &= P_{1a}(t) \cdot P_{1б}(t) \cdot P_{1в}(t) \cdot P_{КМ20}(t) \cdot P_{1г}(t); \\ P_C(t) &= 0,827. \end{aligned} \quad (3)$$

1а – термопара Eaton E58SC-12;

2в – контролер ПЛК Eaton XC-303;

КМ20 – магнітний пускач ПБР-2М;

1б – виконавчий механізм МЕО-250/10-0,25-92.

$$\begin{aligned} P_{1a}(t) &= e^{-3,3 \cdot 10^{-6} \cdot 7200} = 0,977; \\ P_{1б}(t) &= e^{-9,8 \cdot 10^{-7} \cdot 7200} = 0,993; \end{aligned}$$

$$P_{KM20}(t) = e^{-7,5 \cdot 10^{-6} \cdot 7200} = 0,947;$$

$$P_{16}(t) = e^{-4,6 \cdot 10^{-6} \cdot 7200} = 0,967.$$

Значення ймовірності безвідмовної роботи контуру, розробленого з використанням локальних засобів і контролеру ПЛК Eaton XC-303, розраховане за формулою (3) і має наступне значення:

$$P_C(t) = P_{1a}(t) \cdot P_{16}(t) \cdot P_{KM20}(t) \cdot P_{16}(t);$$

$$P_C^H(t) = 0,977 \cdot 0,993 \cdot 0,947 \cdot 0,967 = 0,889. \quad (4)$$

Порівняємо обчислені значення ймовірностей. Приймаючи ймовірність безвідмовної роботи контуру, розробленого з використанням локальних засобів, на рівень 100% протягом 1 року, визначимо ефективність впровадження контролера ПЛК Eaton XC-303.

$$\frac{0,889 \cdot 100\%}{0,827} - 100\% = 7,49\%.$$

Висновок. Використання контролера ПЛК Eaton XC-303 збільшує надійність контуру регулювання на 7,49 %. З розрахунку видно, що застосування контролера підвищує надійність, тому використання контролерів в системах автоматизації доцільно.

Література

1. Залужний А.М. Теорія надійності пристроїв та систем управління : навч. посіб. Житомир : ЖІТІ, 2002. 320 с.
2. Заміховський Л.М., Калявін В.П. Основи теорії надійності і технічної діагностики систем : навч. посіб. Івано-Франківськ: Полум'я, 2004. 360 с.
3. Заміховський Л.М. Діагностування комп'ютеризованих систем управління : конспект лекцій. Івано-Франківськ : ІФНТУНГ, 2019. 125 с.
4. Заміховський Л.М., Зікратий С.В., Штаєр Л.О. Основи теорії надійності і технічної діагностики систем : практикум. Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. 192 с.
5. Міляєв Ю.П., Нечипоренко О.М. Основи надійності технічних систем : навч. посіб. Київ, 2008. С. 242–245.
6. Васілевський О.М., Поджаренко В.О. Нормування показників надійності технічних засобів : навч. посіб. Вінниця: ВНТУ, 2010. 129 с.
7. Реньов В.О., Шутинський О.Г. Методичні вказівки до виконання практичних завдань з дисципліни "Надійність і діагностування систем керування". Розділ 1 "Аналітичні методи оцінки показників надійності автоматичних систем та їх елементів" для студентів спеціальності "Автоматизоване управління технологічними процесами". Харків: ХТУБА, 2010. 32 с.
8. Основи теорії надійності систем управління і автоматики : навч. посіб. Вінниця: ВДТУ, 2002. 65 с.

9. Промислові засоби автоматизації. Ч. 1 : навч. посіб. / А.К. Бабіченко та ін. Харків: НТУ "ХПІ", 2001. 470 с.

10. Промислові засоби автоматизації. Ч. 2 : навч. посіб. / А.К. Бабіченко та ін. Харків: НТУ "ХПІ", 2003. 658 с.

11. Мікропроцесорні засоби автоматизації в автоматизованих системах керування технологічними процесами : підручник / А.К. Бабіченко та ін. Харків: ТОВ "Водний спектр Джи-Ен-Пі", 2016. 440 с.

12. Реньов В.О., Корсун В.С., Валентинов В.В., Кундо Ю.А., Шутинський О.Г. Методичні вказівки до виконання практичних завдань з дисципліни "Надійність і діагностування систем керування". Розділ 11 "Методи експериментального оцінювання законів і показників надійності автоматичних систем та їх елементів" для студентів спеціальності "Автоматизоване та комп'ютерно-інтегровані технології". Харків: ХНУБА, 2012. 24 с.

Bibliography (transliterated)

1. Zaluzhnyi A.M. Teoriia nadiinosti prystroiv ta system upravlinnia : navch. posib. Zhytomyr : ZhITI, 2002. 320 p.

2. Zamikhovskiy L.M., Kaliavin V.P. Osnovy teorii nadiinosti i tekhnichnoi diahnostryky system : navch. posib. Ivano-Frankivsk: Polum'ia, 2004. 360 p.

3. Zamikhovskiy L.M. Diahnostuvannia kompiuteryzovanykh system upravlinnia : konspekt lektsii. Ivano-Frankivsk : IFNTUNH, 2019. 125 p.

4. Zamikhovskiy L.M., Zikratiy S.V., Shtaiyer L.O. Osnovy teorii nadiinosti i tekhnichnoi diahnostryky system : praktykum. Ivano-Frankivsk: IFNTUNH, 2014. 192 p.

5. Miliaiev Yu.P., Nechypenko O.M. Osnovy nadiinosti tekhnichnykh system : navch. posib. Kyiv, 2008. P. 242–245.

6. Vasilevskiy O.M., Podzharenko V.O. Normuvannia pokaznykiv nadiinosti tekhnichnykh zasobiv : navch. posib. Vinnytsia: VNTU, 2010. 129 p.

7. Renov V.O., Shutynskiy O.H. Metodichni vказivky do vykonannia praktychnykh zavdan z dystsypliny "Nadiinist i diahnostuvannia system keruvannia". Rozdil 1 "Analitichni metody otsinky pokaznykiv nadiinosti avtomatychnykh system ta yikh elementiv" dlia studentiv spetsialnosti "Avtomatyzovane upravlinnia tekhnolohichnymy protsesamy". Kharkiv: KhTUBA, 2010. 32 p.

8. Osnovy teorii nadiinosti system upravlinnia i avtomatyky : navch. posib. Vinnytsia: VDTU, 2002. 65 p.

9. Promyslovi zasoby avtomatyzatsii. Ch. 1 : navch. posib. / A.K. Babichenko ta in. Kharkiv: NTU "KhPI", 2001. 470 p.

10. Promyslovi zasoby avtomatyzatsii. Ch. 2 : navch. posib. / A.K. Babichenko ta in. Kharkiv: NTU "KhPI", 2003. 658 p.

11. Mikroprotsesorni zasoby avtomatyzatsii v avtomatyzovanykh systemakh keruvannia tekhnolohichnymy protsesamy : pidruchnyk / A.K. Babichenko ta in. Kharkiv: TOV "Vodnyi spektr Dzhi-En-Pi", 2016. 440 p.

12. Renov V.O., Korsun B.C., Valentynov V.V., Kundo Yu.A., Shutynskiy O.H. Metodichni vказivky do vykonannia praktychnykh zavdan z dystsypliny "Nadiinist i diahnostuvannia system keruvannia". Rozdil 11 "Metody eksperymentalnoho otsiniuvannia zakoniv i pokaznykiv nadiinosti avtomatychnykh system ta yikh elementiv" dlia studentiv

spetsialnosti "Avtomatyзовane ta komp'uterno- intehrovani tekhnolohii". Kharkiv: KhNUBA, 2012. 24 p.

УДК 621.396

Шутинський О.Г., к.техн.н., доцент, Снурніков Д.В., аспірант

ПІДВИЩЕННЯ НАДІЙНОСТІ АВТОМАТИЧНИХ СИСТЕМ ПРИ ВИКОРИСТАННІ КОНТРОЛЕРІВ

Для оцінки поведінки автоматичної системи в експлуатаційних умовах використовується поняття надійності системи. При експлуатації автоматична система може піддаватися впливу: механічних навантажень (вібрацій, ударів, постійного прискорення); електричних навантажень (напруги, електричного струму, потужності); навколишніх умов (температура, вологість, тиск).

Вплив зазначених факторів проявляється у вигляді відхилень параметрів системи від номінальних (розрахункових) значень. Ці відхилення можуть бути настільки значними, що система стає непридатною до використання, так як виникнення великих відхилень параметрів від розрахункових значень при експлуатації системи призводить до аварії.

Коли система перестає задовольняти пропонованим до неї вимогам, систему вважають відмовленою. Отже, надійність є однією з характеристик якості системи, тому вона, як і інші характеристики системи (точність, швидкодію), повинна оцінюватися кількісно на основі аналізу технічних параметрів системи в експлуатаційних умовах.

Так як на окремі технічні параметри системи впливають різні фактори (схемні, конструктивні, виробничі та експлуатаційні) і врахувати їх аналітично при детермінованому підході до аналізу системи неможливо, то кількісна оцінка надійності системи можлива тільки на основі теорії ймовірностей або її спеціальних розділів (теорії випадкових процесів і математичної статистики).

Таким чином, надійність являє собою важливу проблему сучасної техніки на стадії експлуатації апаратури, і на стадії її проектування. Особливість будь-якої автоматичної системи полягає в тому, що при відмові обмеженої кількості її елементів настає відмова всієї системи. Це може привести до тяжких наслідків, бо сучасні системи вирішують важливі задачі, їх апаратура відрізняється великою вартістю.

Розрахувати надійність контуру регулювання – це означає визначити кількісні характеристики надійності контуру на основі відомих характеристик його складових елементів.

Була проведена перевірка впливу контролера на надійність контуру регулювання. При розрахунку контурів регулювання, які складаються з кількох елементів, ймовірність безвідмовної роботи контуру (P_c) визначається як добуток ймовірностей безвідмовної роботи окремих елементів.

Ключові слова: автоматична система, контролер, контур регулювання, надійність.

Шутинский А.Г., к.техн.н., доцент, Снурников Д.В., аспирант

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ КОНТРОЛЛЕРОВ

Для оценки поведения автоматической системы в условиях эксплуатации используется понятие надежности системы. В процессе эксплуатации автоматическая система может подвергаться: механическим нагрузкам (вибрации, удары, постоянное ускорение); электрическим нагрузкам (напряжение, электрический ток, мощность); условиям окружающей среды (температура, влажность, давление).

Влияние этих факторов проявляется в виде отклонений параметров системы от номинальных (расчетных) значений. Эти отклонения могут быть настолько значительными, что система приходит в негодность, так как возникновение больших отклонений параметров от расчетных значений в процессе эксплуатации системы приводит к аварии.

Когда система перестает соответствовать предъявляемым к ней требованиям, система считается нерабочей. Поэтому надежность является одной из характеристик качества системы, поэтому, как и другие характеристики системы (точность, скорость), должны быть количественно оценены на основе анализа технических параметров системы в условиях эксплуатации.

Поскольку на отдельные технические параметры системы влияют различные факторы (схематические, конструктивные, производственные и эксплуатационные) и их невозможно учесть аналитически при детерминированном подходе к анализу системы, количественная оценка надежности системы возможна только на основе теории вероятностей или ее специальных разделов (теории случайных процессов и математической статистики).

Таким образом, надежность является важной проблемой современной техники как на этапе эксплуатации оборудования, так и на этапе его проектирования. Особенность любой автоматической системы заключается в том, что при выходе из строя ограниченного числа ее элементов выходит из строя вся система. Это может привести к серьезным последствиям, ведь современные системы решают важные задачи, их оборудование стоит дорого.

Расчитать надежность контура управления – означает определить количественные характеристики надежности контура на основе известных характеристик составляющих его элементов.

Проверено влияние контроллера на надежность контура управления. При расчете цепей управления, состоящих из нескольких элементов, вероятность безотказной работы контура (P_c) определяется как произведение вероятностей безотказной работы отдельных элементов.

Ключевые слова: автоматическая система, контроллер, контур регулирования, надежность.

Shutinsky O.G., Snurnikov D.V.

INCREASING THE RELIABILITY OF AUTOMATIC SYSTEMS WHEN USING CONTROLLERS

In order to evaluate the behavior of the automatic system, the understanding of the reliability of the system is established in the operational minds. In the case of operation, the system of automatic transmission can be applied to: mechanical ventilation (vibraciy, strike, post-mortem proradiance); electric navantezhen (naprugi, electric struma, push); navkolishnih umov (temperature, vologist, vise).

The inclusion of significant factors is manifested in the visual parameters of the system of nominal (developmental) values. Ci vidhilenya can be the buti nastiliki znasilnym, scho sistema staje neadtistannyj do vikoristannya, so as the vinikennya of the great vidhileni of the parameters of the system of development can be brought to an accident.

If the system ceases to be satisfied with the provisions of the system, the system is to be brought into view. On the basis of the analysis of the technical parameters of the system in the experimental minds, it is necessary to assess the quality of the system on the basis of the analysis of the technical parameters of the system in the experimental minds.

Thus, since it is impossible to integrate the technical parameters of the system (schematic, constructive, production and experiment) and the analysis of the system on the basis of the theory of methods and special distributions (theories of human processes and mathematical statistics).

In this way, reliability is an important problem of modern technology at the stage of infrastructure operation, and at the stage of design. The peculiarity of the automatic system is that in the case of the vidmovi obdemarcated kilkosti and the elements of the vidmov of all systems. It is possible to lead to grave problems, because the system is responsible for the implementation of important tasks, and the infrastructure is to be seen by the great war

The development of the regulatory contour is the meaning of the value of the characteristics of the contour on the basis of the characteristics of the warehouse elements.

The controller was redirected to the control circuit. In the process of developing the contours of regulation, which are stored with the quality of the elements, the work-free circuit (P_c) is vided as an additional work-free structure.

Keywords: automatic system, controller, control loop, reliability.