

УДК 681.518.54

Оксана Кучмий, Виктор Корнейчук, Анна Дорошенко

**НАДЕЖНОСТЬ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ
КОМПЬЮТЕРНЫХ СИСТЕМ И МЕТОДЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ****RELIABILITY OF COMPUTER SYSTEMS
ELECTRICAL SUPPLY AND METHODS OF ITS INCREASE**

В статье приведены экспериментальные данные по интенсивности отказов сети электропитания ~220V. Предложена методика расчета надежности сети при использовании блоков бесперебойного питания, позволяющая выбрать указанные блоки с параметрами, обеспечивающими заданный уровень надежности.

Ключевые слова: надежность, интенсивность отказов, перерывы электро-снабжения, время восстановления.

Рис.:1. Табл.: 1. Библ.: 6.

Experimental data regarding the fail intensity and recovery of a ~220W network is given. A methodology for evaluation the reliability of a network while using uninterruptible power supplies that allows for choosing the specified blocks with parameters that provide the required reliability level of a computer network is suggested.

Keywords: reliability, failure intensity, power outage, recovery time.

Fig.: 1. Tabl.: 1. Bibl.: 6.

Актуальность темы исследования. При построении высоконадёжных компьютерных систем (КС) возникает задача расчёта их надёжности, которая во многом зависит от надёжности сети электроснабжения (СЭ). Для указанных расчётов необходимо иметь достоверные данные о надёжности СЭ.

Постановка проблемы. Отсутствие достоверных данных о надёжности работы СЭ делает невозможным расчёт надёжности КС и их оптимизацию по критерию стоимость – надёжность.

Анализ последних исследований и публикаций. Приведённые в литературе данные о надёжности СЭ отличаются друг от друга на несколько порядков и из-за этого не могут быть использованы для расчёта надёжности КС и их оптимизации по критерию надёжности.

Выделение неисследованных частей общей проблемы. В данной статье приведены данные о интенсивности отказов (отключений) в подаче электроэнергии и интенсивности восстановления подачи электроэнергии в СЭ.

Постановка задания. Заданием есть получения достоверных числовых данных о надёжности СЭ, пригодных для расчётов надёжности КС, и оптимизации на их основе мероприятий по обеспечению надёжности по критерию стоимость – надёжность.

Изложение основного материала. Приведены данные о 140 отключениях в подаче электроэнергии, полученные путём наблюдения за работой СЭ в течении почти 10 лет. Это позволило определить интенсивность отказов СЭ $\lambda = 0,00169 \text{ час}^{-1}$, наработку на отказ $T_0 = 593$ часа, время восстановления $T_v = 0,585$ час и интенсивность возобновлений $\mu = 1,71 \text{ час}^{-1}$. Показано, как эти данные

могут быть использованы в расчёте надёжности КС и выборе блоков бесперебойного питания.

Ключевые слова: надёжность, интенсивность отказов, перерывы электроснабжения, время восстановления.

Обеспечение надёжности, согласно ГОСТ 27.205-97, является одной из основных по объёму и сложности задач разработчика компьютерных систем (КС). Так как сколь угодно надёжная аппаратура не способна выполнять свои функции без электроснабжения, то первым по важности мероприятием по повышению надёжности КС является обеспечение бесперебойного электропитания КС. Оптимизация технико-экономических показателей КС при проектировании невозможна без учета надёжности сети электропитания (СЭ). Для этого необходимы данные о надёжности. Приведенные в литературе данные вызывают сомнения, так как отличаются друг от друга на 3 порядка. Так, например, в [1] указано, что интенсивность отказов λ и восстановлений μ СЭ равны $\lambda=270 \cdot 10^{-6}$ и $\mu=3 \text{ час}^{-1}$, а в [2] приведены данные, из которых следует, что $0,33 \geq \lambda \geq 3 \cdot 10^{-3} \text{ час}^{-1}$. Для получения более достоверных данных с 0 часов 24.09.2008 года и по 3 часа 13.03.2018 г. (82971 часов) нами проводились наблюдения за сбоями СЭ в городских условиях, которые продолжаются и по сей день. За указанное время зафиксировано 140 перерывов электроснабжения (Табл.1), где время суток округлено до целых часов. Отсюда [3] $\lambda=140/82971 \approx 0,001687 \text{ час}^{-1}$, $T_0=\lambda^{-1}=593 \text{ часа}$, интенсивность восстановлений СЭ $\mu=60/2107,63=0,0285 \text{ мин}^{-1}=1,71 \text{ час}^{-1}$; $T_b=\mu^{-1}=0,585 \text{ час}=35,1 \text{ мин}$.

Таблица 1

Перерывы электроснабжения в 2008-2018 годах

где N – номер перерыва (1,2,3...), T – суммарное время в часах от начала наблюдения (0 часов 24.09.2008 г.) до восстановления электроснабжения после N-ного перерыва, t – время в минутах отсутствия электроснабжения после N-ного перерыва (величина t указана только в тех случаях, когда ее удалось зафиксировать), *N=70,71,72 и 73 – четыре перерыва с интервалами 5 сек, 5 сек и 182 сек, при этом $t=2 \text{ сек} = 0,03 \text{ мин}$.

N:T-t	N:T-t	N:T-t	N:T-t	N:T-t
1:65	27:22680-1	53:45700-45	82:57925	112:70615
2:258	28:22681-80	54:46511-60	83:58248-0,02	113:72440
3:497	29:23575	55:48975-120	84:58376	114:73135
4:1633	30:23674	56:49201-44	85:58423	115:74606
5:2065	31:24117	57:49558-0,02	86:59834	116:75012-0,02
6:2296-13	32:24421	58:49597	87:61536-0,02	117:75183-0,02
7:3080	33:25728-0.02	59:49774	88:61814-19	118:75310-0,02
8:4487-15	34:31504	60:50527-140	89:62144	119:75543-480
9:4525	35:32105	61:50599	90:62170	120:76273-5
10:5027-20	36:32894	62:50611	91:62660	121:76489
11:5208-2	37:33121-0.17	63:50650	92:63348-70	122:76501
12:5573	38:33804-0.02	64:50848	93:63351	123:76770-120
13:7639	39:34887-3	65:52303	94:63397-27	124:77556
14:8421	40:34981-10	66:52313	95:63492-156	125:78541
15:8886	41:35321	67:52824-0,02	96:63946-25	126:79178
16:9194-15	42:36352	68:53046	97:64007-80	127:79530-1
17:11714	43:37645	69:54946-140	98:64918	128:79530-1
18:12803	44:38155	70:55200-0,03*	99:66554-0,1	129:79530-1

Окончание табл.

N:T-t	N:T-t	N:T-t	N:T-t	N:T-t
19:14300-0.1	45:38459	71:55200-0,03*	100:67268	130:80049-51
20:15240-25	46:38653	72:55200-0,03*	101:67776-0,02	131:80630-14
21:15281	47:40673	73:55200-0,03*	102:67824-0,02	132:81036
22:16296-0.02	48:40705-1	74:55331-200	103:68849	133:81082
23:17707	49:42995-1	75:55550	104:68968	134:81208
24:18593-0.02	50:44185	76:55883	105:69725	135:81786
25:21497	51:44376-20	77:56221	106:69761	136:82068
26:21592	52:44798	78:56842-10	107:69840-1	137:82074-7

Для устранения влияния перерывов в электроснабжении в КС используют блоки бесперебойного питания (БПП) со встроенным аккумулятором, одним из основных параметров которых является время T_a автономной (т.е. без электроснабжения) работы БПП [5]. Оценить влияние T_a на надежность БПП можно путем рассмотрения графа его работы (Рис.1), где цифрами 0, 1 и 2 обозначены состояния: 0 – КС питается от сети $\sim 220V$, 1 – сеть $\sim 220V$ отказала, КС питается от БПП, 2 – сеть $\sim 220V$ не восстановилась, а БПП исчерпал свой ресурс, λ и μ – интенсивности отказов и восстановления сети $\sim 220V$.

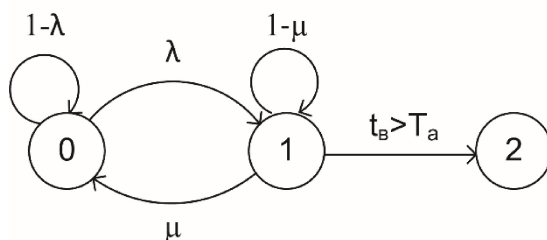


Рис. 1. Граф работы КС с БПП

Среднее время пребывания КС в состоянии 0 (до перехода в состояние 1) будет равно λ^{-1} . Следовательно, за время $tK\lambda$ раз будет переходить в состояние 1. Если время t_b восстановления $\sim 220V$ будет меньше чем время T_a , то КС перейдет в состояние 0 и отказа не будет. Вероятность этого события будет равна $1 - e^{-\mu T_a}$. Для того, чтобы отказов КС за время t не было, необходимо, чтобы КС все $t \cdot \lambda$ переходов совершила в состояние 0. Отсюда следует, что вероятность безотказной работы КС за время t будет равна

$$P(t) = (1 - e^{-\mu T_a})^{t\lambda} = e^{(\ln(1 - e^{-\mu T_a})) t\lambda} \quad (1)$$

Так как БПП имеет, как и любые другие блоки КС, свою интенсивность λ_u отказов (величина порядка 10^{-5} час $^{-1}$), то результирующая интенсивность отказов БПП будет равна

$$\lambda'_u = \lambda_u - \lambda \ln(1 - e^{-\mu T_a}) \quad (2)$$

Для увеличения T_a применяют последовательное включение БПП, при котором первый БПП питает второй БПП в течение времени T_a , после чего первый БПП отключается, а второй начинает автономную работу. В некоторых БПП для увеличения T_a в n раз предусмотрена возможность смены аккумуляторов в «горячем» (т.е. рабочем) режиме, естественно, что для этого необходимо иметь $n-1$ запасных заряженных аккумуляторов [4,5].

В этом случае $\lambda'_u = \lambda_u - \lambda \ln(1 - e^{-\mu n T_a})$.

Как и многие другие мероприятия по повышению надежности энергетике [3,4] величина n имеет оптимальное значение, при которой суммарные затраты на обеспечение надежности и потери от отказов будут минимальными.

Если все же перечисленные мероприятия не позволяют добиться заданного уровня надежности сети питания, то применяют ББП, включающий дизельный двигатель и генератор электроэнергии, позволяющий неограниченное время работать без внешней сети питания $\sim 220V$ [5,6].

ЛИТЕРАТУРА

1. Китаев В. Е. Расчет источников электропитания устройств связи.- М.: Радио и связь, 1993.- 232 с.
2. Смирнов Ю.К. Секреты эксплуатации жестких дисков ПК.- СПб.: БХВ-Петербург, 2006.- 384 с.
3. Тарасенко В. П., Маламан А.Ю., Черниченко Ю.П., Корнійчук В.І. Надійність комп'ютерних систем.- К.: «Корнійчук», 2007.- 256 с.
4. Трубицын В. И. Надежность электростанций: Уч. для вузов.- М.: Энергоатомиздат, 1997.- 240 с.
5. Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики: сб. науч. тр./Отв. ред.: Н.И.Воропай.- Иркутск: ИСЭМ СО РАН. Вып. 57.- К.: Знання України, 2007.- 396 с.
6. Воробьев А. Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем.- М.: Эко-Тренд, 2002.-280с.

ДОВІДКА ПРО АВТОРІВ

Кучмій Оксана Олександрівна – асистент, кафедра системного програмування і спеціалізованих комп'ютерних систем, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Kuchmiy Oksana – assistant, Department of System Programming and Specialized Computer Systems, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.

E-mail: ok_kuch@i.ua.

Корнійчук Віктор Іванович – доцент, кафедра обчислювальної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Korneychuk Victor –associate professor, Department of Computer Engineering, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.

E-mail: vikorn1940@gmail.com.

Дорошенко Анна Юріївна – студент, кафедра обчислювальної техніки, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Doroshenko Anna – student, Department of Computer Engineering, National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”.

E-mail: annadoroshenko03@gmail.com

**Kuchmiy Oksana,
Korneychuk Victor,
Doroshenko Anna**

RELIABILITY OF COMPUTER SYSTEMS ELECTRICAL SUPPLY AND METHODS OF ITS INCREASE

Relevance of the research topic. When constructing highly reliable computer systems (CS) there emerges the problem of evaluation of their reliability, which mostly depends on the reliability of the power source (PS), namely the network. Trustworthy specification of a PS are required for these evaluations.

Problem introduction. The absence of trustworthy specifications of the reliability of a PS makes it impossible to evaluate the reliability of CS and their optimizations with respect to the cost-reliability criteria.

The analysis of recent research and publications. The data about the reliability of PS provided in articles and publications differs significantly by the order of multiple magnitudes and therefor cannot be considered as trustworthy.

Determining the innovative part of the article. In this article the data concerning the fail intensity and the intensity of recovery in supplying the electricity with PS is given.

Goal introduction. The purpose of this article is to derive trustworthy specifications of PS and their optimization with respect to the cost-reliability criteria.

The essence. The data related to 140 network fails that was gathered during the analysis of a PS operation for 10 years is presented. This allowed to derive the intensity of failure as $\lambda = 0,00169 \text{ hour}^{-1}$, time until a fail occurs as $T_0 = 593 \text{ hours}$, the recovery time as $T_r = 0,585 \text{ hours}$ and the recovery intensity as $\mu = 1,71 \text{ hour}^{-1}$. It is shows how this data can be used to evaluate the reliability of a CS and when choosing uninterruptible power sources.

Keywords: reliability, failure intensity, power outage, recovery time.