

УДК 658. 621. 338

Н. Ю. ЛАМНАУЕР, канд. техн. наук

Українська інженерно-педагогічна академія, м. Харків

ВИРОБИ, ЩО ОБЕРТАЮТЬСЯ, ТА ЇХНІЙ ПРОГНОЗОВАНИЙ ОПТИМАЛЬНИЙ ЧАС РОБОТИ В ЕНЕРГЕТИЦІ

В работе приведена функция надёжности возвращающихся изделий с пятью параметрами, которые физически расшифрованы. Получена формула, позволяющая определить оптимальное время профилактических ремонтов возвращающихся изделий с учётом стоимости профилактических работ и затрат от отказа изделия. В системе MAPLE составлена программа, с помощью которой по небольшому количеству испытаний на отказ однотипных возвращающихся изделий, работающих в одинаковых условиях, можно определять почти мгновенно оптимальное время профилактических ремонтов для этих изделий.

В роботі приведена функція надійності виробів, що обертаються, з п'ятьма параметрами, які фізично розшифровані. Отримана формула, що дозволяє визначити оптимальний час профілактичних ремонтів виробів, що обертаються, з урахуванням вартості профілактичних робіт та втрат від відмови виробу. В системі MAPLE створена програма, за допомогою якої по невеликій кількості випробувань на відмову однотипних виробів, що працюють в однакових умовах, можливо визначити миттєво оптимальний час ремонтів цих виробів.

Постановка задачі

Для будь-якої країни залогом добробуту є надійне забезпечення енергією споживачів. Особливо це актуально у нашій країні, де є дефіцит інших видів енергії, тому безперерйна та надійна робота електростанцій є важливою задачею енергетичного виробництва.

Для вирішення цієї задачі в енергетиці були розроблені заходи з обслуговування та ремонту, що сприяють довгостроковому утриманню обладнання у робочому стані при найкращих економічних показниках його роботи, а також мінімально можливих позапланових його зупинках для ремонту. Ці заходи базуються на проведенні планово - попереджувальних ремонтів (ППР).

Сучасний етап розвитку електроенергетики характеризується низькими темпами оновлення основних виробничих фондів. А це означає, що росте пріоритет ремонту обладнання та необхідність в розробці нового підходу його фінансування.

В зв'язку зі зменшенням використання планованої потужності енергоустановок мав місце додатковий знос обладнання, а також збільшення частки ремонтної складової в собівартості енергії, що виробляється. Це звело до актуалізації проблеми збереження ефективності енергозабезпечення, в рішенні якої головна роль відводиться ремонтному виробництву.

Вот чому важливою задачею є визначення часу проведення ремонтів.

В енергетиці більшість основних виробів обертаються, а їхня відмова зводить до зупинки подачі енергії. Розглянемо такий показник якості, як надійність виробу, що обертається, де поряд зі старінням існують процеси, пов'язані з биттям, що в більшості випадків зводить до відмов. Відомо, що при обертанні виробу величина радіального та торцевого биття зводить до появи радіальних і осевих сил, які можуть пошкодити виріб. При великій швидкості обертання виробу ці сили є домінуючими [1]. Якщо відмова в технічній системі з виробами, що обертаються, зводять до втрат, що перевищують вартість цього виробу і його заміни, то є сенс проводити заміну (чи відновлення якимось чином) цього виробу, не чекаючи відмови. Такі попереджувальні заміни проводять при профілактичних

ремонтах. Тому при профілактичних замінах виникає задача знаходження часу, з якого необхідно почати цю роботу, щоб сумарні втрати (збитки від замін і аварійних відмов) були мінімальними.

Результати

В роботі [2] розглянуто питання про побудову загальної моделі для визначення початку часу профілактичних робіт. Припустимо, що час безвідмовної роботи $-t$, має довільний розподіл $F(t) = P\{T < t\}$ і призначений час до чергової профілактики дорівнює t_0 , тобто $t < t_0$. Це означає, що в момент t необхідно буде провести аварійну заміну виробу або ж його частини, вартість якої (з урахуванням втрат від відмови) дорівнює C_1 . Якщо ж $t > t_0$, то в момент t_0 проводиться профілактична заміна виробу, що обертається, і втрати від цієї заміни рівні C_2 . По умові економічної доцільності профілактичних замін $C_2 < C_1$.

Таким чином, протягом часу експлуатації повторюватимуться періоди, кожний з яких може закінчуватися аварійною або профілактичною замінами. Вимагається знайти таке t_0 , для якого середні втрати, віднесені до одиниці часу, були б мінімальними.

Так середні втрати на одному періоді роботи виробу дорівнюють сумі

$$C_1 F(t_0) + C_2 [1 - F(t_0)],$$

а середня довжина періоду роботи виробу дорівнює

$$\int_0^{t_0} [1 - F(t)] dt.$$

То звідси маємо, що питомі втрати визначаються виразом

$$C(t_0) = \frac{C_1 F(t_0) + C_2 [1 - F(t_0)]}{\int_0^{t_0} [1 - F(t)] dt}. \quad (1)$$

Тоді для визначення часу t_0 , яке дає мінімум витрат, потрібно знайти мінімум функції $C(t_0)$. Щоб знати функцію $C(t_0)$, необхідно знайти закон розподілу безвідмовної роботи виробу, що обертається.

У роботі [3] знайдений закон розподілу безвідмовної роботи виробу, що обертається, в припущенні, що послідовність імпульсів навантаження пов'язана з биттям є випадковою величиною, що має рівномірний закон розподілу

$$F(t) = \frac{b-t}{b-a}, \quad (a \leq t \leq b)$$

де a – нижній поріг навантаження, а b – верхній поріг навантаження викликаного виробом, що обертається.

Припустимо, оскільки це підтверджують масові випробування на виробках, що міцність виробу за час t має залежність [4]

$$R(t) = r \exp(-\beta t),$$

де r – початкова міцність виробу, β – параметр, що характеризує величину внутрішнього негативного процесу убавання міцності.

Тоді приймаючи, що частота $h(t)$ постійна і рівна h , була одержана функція надійності

$$1 - F(t) = \exp \left[- \frac{h \left(bt - \frac{b \ln \left(\frac{r}{b} \right)}{\beta} - \frac{b}{\beta} + \frac{re^{-\beta t}}{\beta} \right)}{b - a} \right], \quad (2)$$

з фізично розшифрованими параметрами.

Дана модель має нижній поріг ресурсу, $t_1 = \frac{1}{\beta} \ln \frac{r}{b}$ починаючи з якого можуть відбутися відмови виробів, що обертаються. Не важко бачити, що надійність виробу, що обертається, значно залежить від частоти його обертання.

У роботі [3] доведена адекватність даної моделі і одержані всі її оцінки параметрів.

Маючи модель (2) і підставляючи її в (1) знайдемо питомі втрати, викликані профілактичними роботами і аваріями в процесі експлуатації виробу, що обертається.

$$C(t_0) = \left(C_1 \left(1 - \exp \left(- \frac{h(b\beta t - b \ln(r/b) - b + r \exp(-\beta t))}{\beta(b-a)} \right) \right) + C_2 \exp \left(- \frac{h(b\beta t - b \ln(r/b) - b + r \exp(-\beta t))}{\beta(b-a)} \right) \right) / \left(\frac{\ln(r/b)}{\beta} + \int_{\frac{\ln(r/b)}{\beta}}^t \exp \left(- \frac{h(b\beta x - b \ln(r/b) - b + r \exp(-\beta x))}{\beta(b-a)} \right) dx \right). \quad (3)$$

Обчисливши похідну даній функції (3) і прирівнявши її до нуля, ми одержимо рівняння, рішення якого дасть нам те значення часу, при якому будуть мінімальні питомі втрати.

Так, наприклад, визначивши параметри функції надійності виробу (2), що обертається, ми маємо $a = 1,5$; $b = 2$; $h = 50$; $r = 40000$; $\beta = 3$. Звідси функція надійності цього виробу має вигляд (Рис. 1). Для цього виробу нижній поріг ресурсу $t_1 = 3,301162517 \cdot 10^4$ годин.

Якщо профілактичний ремонт коштує $C_2 = 2$ тис. гривень, а втрати від аварії складуть $C_1 = 15$ тис. гривень, то функція питомих втрат для одержаної функції надійності виробу, що обертається, матиме вигляд (Рис. 2)

В системі Maple створена програма, що дозволяє миттєво за невеликою кількістю спостережень оцінити параметри функції надійності, та по заданим витратам на ремонт та ліквідацію аварії, що пов'язана з відмовою виробу, знайти оптимальний час ремонту. Так, наприклад, для параметрів $a = 1,5$; $b = 2$; $h = 50$; $r = 40000$; $\beta = 3$ моделі надійності

(2)та витратам $C_2 = 2$ тыс. гривень и $C_1 = 15$ тыс. гривень будемо мати, що оптимальні витрати будуть при проведенні ремонту в момент $t_0 = 3,301240198 \cdot 10^4$ годин від початку експлуатації виробу.

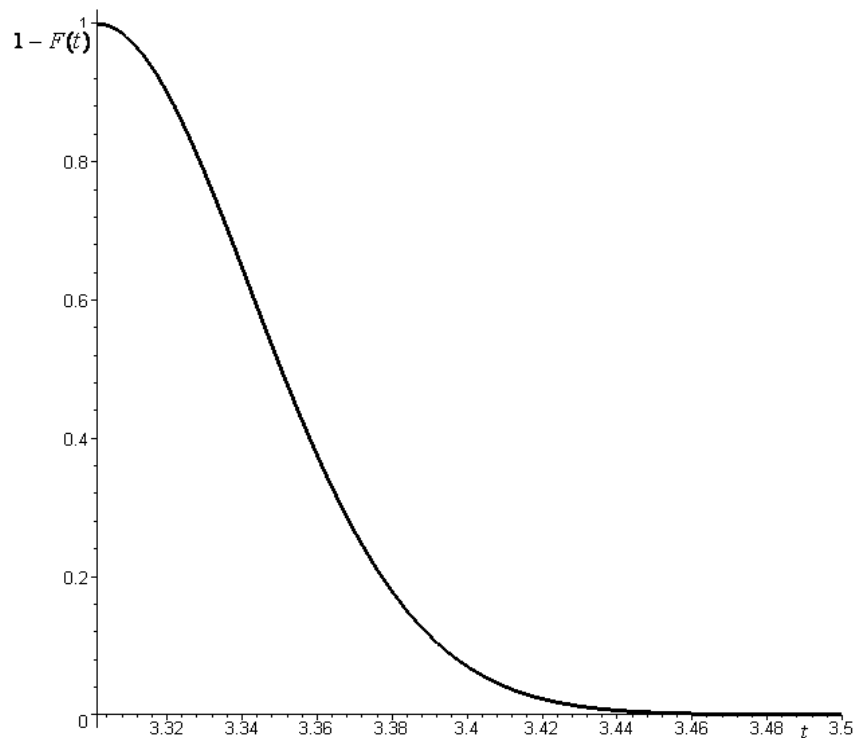


Рис. 1. Функція надійності виробу, що обертається, при даних параметрах

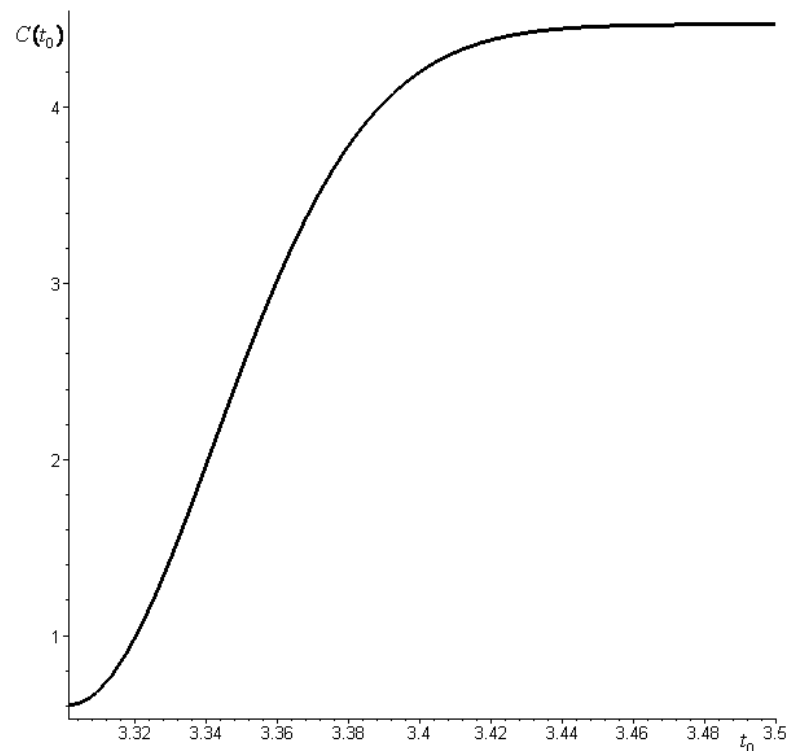


Рис. 2. Функція питомих втрат виробу, що обертається

Висновки

1. Побудована модель надійності виробів, що обертаються, з п'ятьма фізично розшифрованими параметрами може бути застосована для будь-якого виробу в будь-якій галузі машинобудування.
2. Знайдені оцінки параметрів для даної моделі дозволяють розв'язувати будь-яку практичну задачу надійності, що пов'язана з виробами, що обертаються.
3. Отримані формули дозволяють оцінити оптимальний час ремонтів виробів, що обертаються, з урахуванням вартості профілактичних робіт та втрат від їхньої відмови.

Список літератури

1. Дальский А. М., Кулешова З. Г. Сборка высокоточных соединений в машиностроении. М.: Машиностроение, 1988. – 304 с.
2. Ламнауер Н. Ю. Прогнозирование начала времени профилактических работ соединений с ограниченным биением. Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ «ХПІ». – Харків, 2006. – Вип. 1 (12) – С. 245–250
3. Н. Ю. Ламнауер, О. Д. Пташний, Ю. И. Созонов. Оценка надежности вращающихся изделий. Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Машинознавство та САПР. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – № 42. – С. 75–80
4. Мур Д. Ф. Основы и применения трибоники. М.: МИР, 1978. – 487 с.

IDELIYA, WHICH ARE REVOLVED, AND THEIR FORECAST OPTIMUM BURN-TIME IN ENERGY

N. Ju. LAMNAUER, Cand. Tech. Scie.

The function of reliability of the revolved wares is in-process resulted with five parameters which are physically deciphered. A formula, allowing to define optimum time of prophylactic repairs of the revolved wares taking into account the cost of prophylactic works and expenses from the refuse of good, is got. The program, by which on the two-bit of tests on the refuse of the of the same type revolved wares, workings in identical terms, is made in the system of MAPLE, it is possible to determine optimum time of prophylactic repairs is almost instantaneous for these wares.

Поступила в редакцію 22.11 2010 г.