ЛІТЕРАТУРА

1. Карпов О.Н., Габович А.Г., Марченко Б.Г., Хорошко В.А., Щербак Л.Н. Компьютерные технологии распознавания речевых сигналов. Монографія. –К.: ООО "Полиграф-Консалтинг", 2005 .–138 с. : ил. Парал. тит. англ.
2. Саймон Хайкин. Нейронные сети: полный курс, 2-е изд.: Пер. С англ. – М. : ООО «И.Д. Вильямс», 2006. – 1104 с.
3. Дж. Ф. Люгер Искусственный интеллект: Стратегии и методы решения сложных проблем, 4-е издание.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 804 с. : ил. Парал. тит. англ.

пост. 13.09.07.

Связь параметров радионуклидных релейных приборов с эксплуатационными характеристиками

В.А. СМОЛЯК

Днепродзержинский государственный технический университет

С применением математического моделирования определены взаимосвязи параметров радионуклидных релейных приборов (РРП): пороговых значений и быстродействия; постоянной времени и статистической надежности; замыкания и размыкания реле и активности источника излучения.

Математичнім моделюванням визначені взаємні зв'язки параметрів радіонуклідних релейних приладів: порігових значень та швидкодії; постійної часу та статистичної надійності; замкнення та розімкнення реле і активності джерела іонізуючого випромінювання.

Using mathematical simulation, interactions between the following parameter of radionuclid reley dences are determined: threshold values and relay devices; time constant and statistic reliability; time for putting in action a relay and also activity of a radiation source.

В системах автоматического контроля, регулирования и управления металлургическими агрегатами и технологическими процессами наряду с радионуклидными аналоговыми с высокой эффективностью применяются и релейные приборы [1, 2, 3, 4, 5].

Возможный круг задач, решаемых РРП, определяется их эксплуатационными характеристиками, к которым относятся быстродействие, аппаратурная и статистическая надежность, необходимые пороговые значения, определяющие состояния срабатывания и отпускания реле, требуемая активность источника излучения, а также величина перепада $K = P_1/P_0\left(P_1 > P_0, K > 1\right)$ значений плотности потока излучения P_1 и P_0, соответствующих двум состояниям РРП (срабатывания и отпускания).

Возможности РРП определяются минимальным значением величины перепада K, на которое РРП может надежно реагировать. С эксплуатационными характеристиками РРП связаны параметры основных узлов РРП: эффективность детектора излучения, постоянная времени интенсиметра, стабильность во времени и при климатических воздействиях детектора и электрической схемы, причем определяющей обычно является стабильность порогового каскада. Обычно критерием аппаратурной надежности прибора является среднее время его безотказной работы («наработка на отказ») T_A. По аналогии введем характеристику статистической надежности РРП – среднее время T_0 (или T_1) между моментами ложных выбросов выше (или ниже) пороговых значений скорости счета импульсов n_{01} (или n_{10}). Величины T_0 и T_1 являются функциями:

$$T_0 = T_0\left(n_0, n_{01}, \tau\right) = \frac{1}{N_0}; \quad T_1 = T_1\left(n_1, n_{10}, \tau\right) = \frac{1}{N_1}, \qquad (1)$$

где n_0 и n_1 — скорости счета, соответствующие величинам P_0 и P_1; τ — постоянная времени интенсиметра; N_0 и N_1 — соответственно число выбросов сигнала выше значения n_{01} и ниже значения n_{10} в единицу времени.

Выражения для N_0 и N_1 представим в виде:

$$\begin{aligned} T_0\left(n_0, n_{01}, \tau\right) &= \frac{1}{g\left(z_0, \delta_0\right)}\left(1 + \frac{n_0}{n_{01}}\right)\delta_0\tau; \\ T_1\left(n_1, n_{10}, \tau\right) &= \frac{1}{g\left(z_1, \delta_1\right)}\left(1 + \frac{n_1}{n_{10}}\right)\delta_1\tau. \end{aligned} \qquad (2)$$

Здесь δ_0 и δ_1 — относительные среднеквадратичные флуктуации сигнала около значений n_0 и n_1; z_0 и z_1 — нормированные отклонения значений скорости счета n_0 и n_1 от значений n_{01} и n_{10} соответственно; $g\left(z, \delta\right)$ — функция плотности распределения вероятностей значений выходного сигнала интенсиметра.

Имеем:

$$\begin{aligned} &\delta_0\left(\sqrt{2n_0\tau}\right)^{-1}; \quad \delta_1\left(\sqrt{2n_1\tau}\right)^{-1}; \\ &z_0 = \left(\frac{n_{01}}{n_0} - 1\right)\frac{1}{\delta_0}; \quad z_1 = \left(\frac{n_{10}}{n_1} - 1\right)\frac{1}{\delta_1}; \end{aligned} \qquad (3)$$

$$g(z,\delta)=\varphi_{(z)}-\frac{2}{9}\varphi_{(z)}^{(3)}\delta+\left[\frac{1}{12}\varphi_{(z)}^{(4)}+\frac{2}{81}\varphi_{(z)}^{(6)}\right]\delta^{2}-$$
$$-\left[\frac{2}{75}\varphi_{(z)}^{(5)}+\frac{1}{54}\varphi_{(z)}^{(7)}+\frac{4}{2187}\varphi_{(z)}^{(9)}\right]\delta^{3}+\ldots, \qquad (4)$$

где

$$\varphi_{z}=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}e^{-z^{2}/2}. \qquad (5)$$

Для рассмотрения выражений (2) обозначим:

$$f_0=f(z_0,\delta_0)=\left(1+\frac{n_0}{n_{01}}\right)\delta_0=\left(1+\frac{1}{1+z_0\delta_0}\right)\delta_0;$$
$$f_1=f(z_1,\delta_1)=\left(1+\frac{n_1}{n_{10}}\right)\delta_1=\left(1+\frac{1}{1+z_1\delta_1}\right)\delta_1. \qquad (6)$$

Как видно из (2) и (6), функции T_0 и T_1 определяются произведением функций $g^{-1}(z,\delta)$ и $f(z,\delta)\tau$. Значения функций $g(z,\delta)$ были вычислены (до члена с δ^6) на ЭЦВМ. Можно убедиться, что зависимость $g^{-1}(z,\delta)$ является значительно более сильной, чем зависимость $f(z,\delta)$. Для этого оценим эти две функции в широкой области:

$$0\le(z)\le 7;\quad 0{,}001\le\delta\le 0{,}7. \qquad (7)$$

В этой области функция $g^{-1}(z,\delta)$ изменяется при крайних значениях z и δ из области (7) от ~2,5 до ~10^{10}, а функция $f(z,\delta)$ — от ~0,002 до ~1,4, т. е. изменение функции $g^{-1}(z,\delta)$ превышает изменение функции $f(z,\delta)$ на ~10^{7}.

Исходя из этого будем считать, что максимум статистической надежности соответствует максимуму функции $g^{-1}(z,\delta)$; поскольку функция $g^{-1}(z,\delta)$ монотонно возрастает с возрастанием z, нахождение условий максимума статистической надежности сводится к нахождению условий максимума функций (4): $z_0=z(n_0,n_{01},\delta_0)$ и $z_1=z(n_1,n_{10},\delta_1)$. Выразим величины δ_0, δ_1 и соответственно z_0, z_1 через величины быстродействия по срабатыванию и отпусканию t_{01} и t_{10}. Выражения для t_{01} и t_{10} имеют вид:

$$t_{01}=\tau\ln\left(\frac{n_1-n_0}{n_1-n_{01}}\right)=\tau\ln\left(\frac{1-\chi}{1-\alpha}\right);$$
$$t_{10}=\tau\ln\left(\frac{n_1-n_0}{n_{10}-n_0}\right)=\tau\ln\left(\frac{1-\chi}{\beta-\chi}\right), \qquad (8)$$

где введены обозначения:

$$\chi=\frac{1}{K}=\frac{n_0}{n_1};\quad \alpha=\frac{n_{01}}{n_1};\quad \beta=\frac{n_{10}}{n_1}.$$

Из (3), (4), и (9) получаем:

$$z_0=\left(\frac{\alpha}{\chi}-1\right)\sqrt{\frac{\chi}{\ln\left(\frac{1-\chi}{1-\alpha}\right)}}\sqrt{2n_1,t_{01}};$$
$$z_1=(\beta-1)\sqrt{\frac{1}{\ln\left(\frac{1-\chi}{\beta-\chi}\right)}}\sqrt{2n_1,t_{10}}. \qquad (10)$$

Условия максимума функций z_0 и z_1 по аргументам α и β имеют вид:

$$\frac{\partial z_0(\alpha,\chi)}{\partial\alpha}=0;\qquad \frac{\partial z_1(\beta,\chi)}{\partial\beta}=0 \qquad (11)$$

и приводят к уравнениям:

$$2\ln\left(1+\frac{\alpha-\chi}{1-\alpha}\right)=\frac{\alpha-\chi}{1-\alpha};$$
$$2\ln\left(1+\frac{1-\beta}{\beta-\chi}\right)=\frac{1-\beta}{\beta-\chi}. \qquad (12)$$

Из этих уравнений следует:

$$\frac{\alpha-\chi}{1-\alpha}=\frac{5}{2};\quad \frac{1-\beta}{\beta-\chi}=\frac{5}{2}, \qquad (13)$$

откуда решение α, β запишутся в виде:

$$\alpha=\frac{2\chi+5}{7};\quad \beta=\frac{5x+2}{7}. \qquad (14)$$

Из (14) с учетом (9) получаем выражения для пороговых величин n_{01}, n_{10}, обеспечивающие максимум статистической надежности:

$$n_{01}=\left(\frac{2\chi+5}{7}\right)n_1;\qquad n_{10}=\left(\frac{2+5\chi}{7}\right)n_1. \qquad (15)$$

При этих условиях из (8) и (15) получается связь быстродействия прибора t с постоянной времени τ:

$$t=t_{01}=t_{10}=\tau\ln\left(\frac{7}{2}\right)\approx 1{,}25\tau. \qquad (16)$$

Запишем функции T_0 и T_1, подставляя в (2) выражения (3), (6), (10) с учетом условий (14) и (16):

$$T_0(n_1,\chi,t)=\frac{1}{\sqrt{x}}\left(\frac{9\chi+5}{2\chi+5}\right)\sqrt{\frac{t(\ln 3{,}5)^{-1}}{2n_1}}g^{-1}(z,\delta), \qquad (17)$$

где $$z=\frac{5\sqrt{2}}{7\sqrt{\ln 3{,}5}}\left(\frac{1-\chi}{\sqrt{\chi}}\right)\sqrt{n_1 t};\quad \delta=\sqrt{\frac{\ln 3{,}5}{2\chi n_1 t}};$$

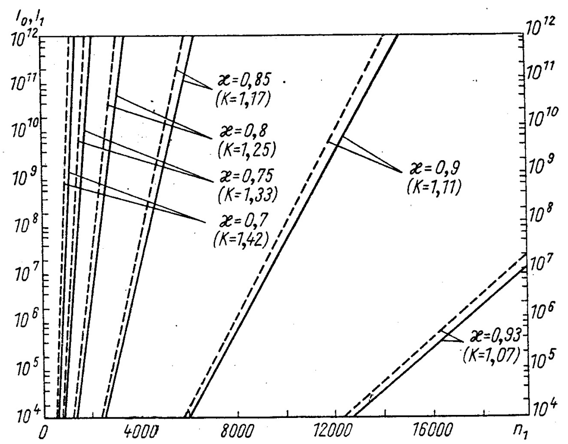

Рис. 1. Зависимости: T_0 (n_1 ; K ; $t=0{,}5$ сек) — штриховые линии; T_1 (n_1 ; K ; $t=0{,}5$ сек) — сплошные линии. T_0 и T_1 — статистическая надежность в состояниях 0 и 1; n_0 и n_1 — скорость счета импульсов в состояниях 0 и 1; K — величина перепада $K=n_1/n_0$; t — быстродействие прибора

$$T_1(n_1,\chi,t)=\left(\frac{5\chi+9}{5\chi+2}\right)\sqrt{\frac{t(\ln 3{,}5)^{-1}}{2n_1}}g^{-1}(z,\delta), \quad (18)$$

где $$z=\frac{5\sqrt{2}}{7\sqrt{\ln 3{,}5}}(1-\chi)\sqrt{n_1 t}\ ; \quad \delta=\sqrt{\frac{\ln 3{,}5}{2n_1 t}}\ .$$

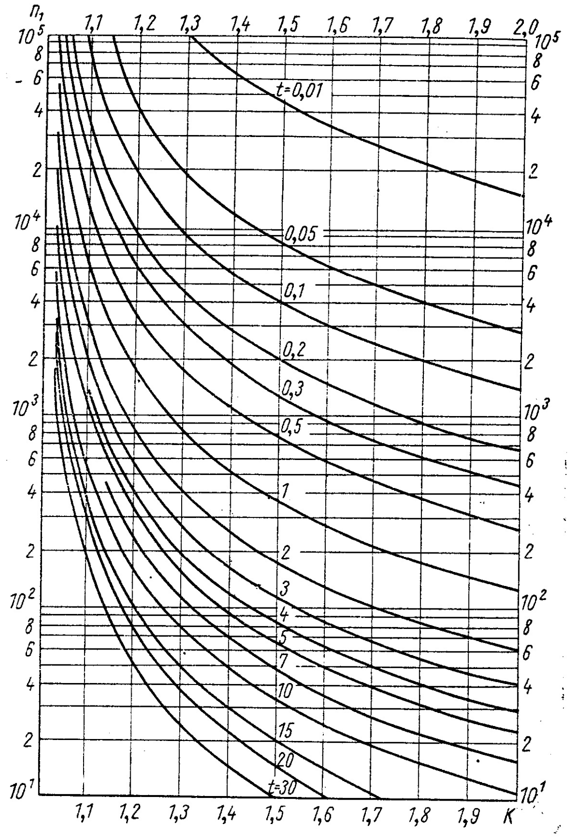

Рис. 2. Зависимость (n_1 ; K ; T_0) при T_0 =10 лет и $0{,}01 \le t \le 30$ сек; n_0 и n_1 — скорости счета импульсов в отсутствие и при наличии поглотителя; K — величина перепада, $K = n_1/n_0$; T_0 — статистическая надежность РРП; t — быстродействие РРП

Эти выражения представляют основную связь характеристик радионуклидных релейных приборов: статистической надежности T_0 и T_1, скорости счета n_1, быстродействия t и величины $\chi = 1/K$. Значения функций (17) и (18) были вычислены на ЭЦВМ при ряде значений χ и K , и были построены их графики. В качестве примера на рис. 1 приведены графики зависимости $T_0(n_1,\chi)$ и $T_1(n_1,\chi)$ при $t = 0{,}5$ сек. Из этих графиков по заданным значениям T_0, T_1, а также χ и t может быть определена скорость счета n_1, а следовательно, и требуемая активность источника излучения для конкретной задачи. Следует остановиться на выборе значений T_0 и T_1. Потребитель, как правило не заинтересован в приборе, обладающем таким дефектом, как возможность ложных срабатываний. Из этих соображений статистическая надежность T_0 и T_1 должна быть больше или равна аппаратурной надежности T_A, определяемой средним временем безотказной работы. В качестве приемлемых значений нами приняты (T_0 и T_1) $3{,}15 \cdot 10^7$; 10^8; $3{,}15 \cdot 10^8$ (1 год; ~3 года и 10 лет). На рис. 2 приведены зависимости скорости счета n_1 от перепада $K = 1/\chi$ и быстродействия t при статистической надежности $T = 10$ лет.

Выводы

Полученные связи пороговых значений, быстродействия, постоянной времени, статистической надежности, скорости счета и перепада позволяют, выбрав необходимое значение статистической надежности (например, по значению аппаратурной надежности), определить требуемую скорость счета, а также пороговые значения и постоянную времени по заданному быстродействию и заданному перепаду, определяющему конкретную задачу автоматизации металлургического агрегата.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.А. Смоляк, В.Н. Узлюк. Автоматический контроль и регулирование производственных процессов с применением ядерных излучений. Атомиздат, 1966, с. 148.
2. В.А. Смоляк, В.И. Васильенко. Радиоизотопный контроль и автоматика в черной металлургии. Атомиздат, 1972, с. 120.
3. В.А. Смоляк, Л.М. Дехтярева. Контроль огнеупорной футеровки металлургических агрегатов. Москва. «Металлургия», 1977, с. 105.
4. В.Н. Узлюк, В.А. Смоляк. Автоматический радиоизотопный контроль уровня шихты в доменной печи. «Техніка», Киев, 1970, с. 135.
5. В.А. Смоляк. Моделирование корректирования массы кокса по его влажности при загрузке в доменную печь. «Математичне моделювання», науковий журнал, № 2(14), 2005, с. 38–42.

пост. 19.09.07.