

траченное на устранение различных аварийных ситуаций (просадка электропитания, отказ оборудования, травмы рабочих и др.).

Поэтому в технологических графиках работы планируется лимит данного времени. Например, по план-графику за июнь 2013 г., время простоев технологического оборудования не должно превышать 161 ч. На практике время простоев зачастую равняется лимитированному, хотя предприятие и работники постоянно стремятся сокращать данное время.

Вместе с тем, во время простоев в цеху отключается далеко не вся не задействованная электроаппаратура, что приводит к нерациональному расходу электроэнергии.

Так, шкафы в электропомещении трубопрокатного цеха, в которых расположены аппараты управления электроприводами, продолжают свою работу, поскольку они также осуществляют и различные другие функции, помимо управления технологическим оборудованием. Система охлаждения этих шкафов имеет подвод электропитания непосредственно от блоков питания, без включения в цепь питания коммутирующего оборудования (за исключением автоматических выключателей), что не позволяет производить её полное отключение во время простоев технологического оборудования, без полного отключения питания всех шкафных секций.

Установка коммутирующей аппаратуры в цепи питания системы охлаждения шкафов для управления вентиляторами поможет сэкономить энергоресурсы в моменты простоя технологического оборудования, а также увеличить срок службы самих вентиляторов за счёт уменьшения времени их работы.

Затраты на предложенный проект складываются из следующих параметров:

- разработка проекта в Управлении проектирования и реконструкции – 2 месяца (8 000 000 бел. руб.);
- разработка программного обеспечения в Управлении автоматизации – 2 месяца (8 000 000 бел. руб.);
- стоимость оборудования ~ 60 000 000 бел. руб. (электроаппаратура, кабельная продукция и серийные изделия);
- монтаж и наладка оборудования – 5 000 000 бел. руб. (собственные силы цеха).

Итого, подсчитав общую смету затрат на реализацию проекта, получаем сумму составляющую ~ 81 000 000 бел. руб.

Срок окупаемости проекта составит примерно 4 месяца.

Описанные выше мероприятия по уменьшению затрат энергоресурсов для предприятия возможно осуществить и на других направлениях производства, что в конечном итоге позволит снизить себестоимость продукции предприятия и увеличить ее конкурентоспособность на рынках сбыта.

УДК 621.3

ОБОБЩЕННЫЕ РЕКУРРЕНТНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ЧИСЕЛ – ОСНОВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ГАРМОНИЧЕСКИХ ПРОПОРЦИЙ

Н. Ф. СЕМЕНЮТА

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

В природе, науке, искусстве широкое использование получили рекуррентные числовые последовательности, в основе которых лежат частные последовательности чисел Фибоначчи, Люка и др. Они же, как простейшие числовые последовательности, более всего исследованы. Целью настоящей работы является исследование основных теоретико-числовых свойств обобщенной числовой последовательности, которая составляет основу электрической модели золотого сечения и гармонических пропорций.

Обобщенные последовательности чисел удовлетворяют рекуррентному соотношению:

$$G_n = G_{n-1} + G_{n-2}. \quad (1)$$

В зависимости от значения начальных чисел G_1 и G_2 соотношение (1) порождает бесконечное множество числовых последовательностей, в том числе и простейшие последовательности Фибоначчи ($G_1 = F_1 = 1, G_2 = F_2 = 1$) и Люка ($G_1 = L_1 = 1, G_2 = L_2 = 3$) и др. Если обозначить $G_1 = p$ и $G_2 = q$, то обобщенная числовая последовательность (1) примет следующий вид:

$$G_n(p; q) \quad \begin{matrix} G_1 & G_2 & G_3 & G_4 & G_5 & G_6 & G_7 \dots \\ p, & q, & p+q, & p+2q, & 2p+3q, & 3p+5q, & 5p+8q, \dots \end{matrix} \quad (2)$$

Из (2) следует общее правило образования последовательностей обобщенных рекуррентных чисел, в основе которых лежит последовательность типа Фибоначчи:

$$G_n(p; q) = pF_{n-2} + qF_{n-1}, \quad n = 3, 4, 5, \dots, \quad (3)$$

где F_n – числа последовательности Фибоначчи.

$$F_n(1; 1) \quad \begin{matrix} F_1 & F_2 & F_3 & F_4 & F_5 & F_6 & F_7 & F_8 & F_9, \dots \\ 1, & 1, & 2, & 3, & 5, & 8, & 13, & 21, & 34, \dots \end{matrix} \quad (4)$$

члены которой образуются по рекуррентному соотношению:

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2}, \quad n = 3, 4, 5, \dots$$

Таким образом, обобщенная рекуррентная последовательность (3) состоит из двух последовательностей типа Фибоначчи, которые начинаются числами $G_1 = p$ и $G_2 = q$. Числа $G_1 = p$ и $G_2 = q$ своего рода гены, которые определяют значения всех последующих чисел и свойств обобщенных последовательностей. При $p = 1$ и $q = 1$ образуется основная последовательность Фибоначчи (4), при $p = 1$ и $q = 2$ – производная последовательность Фибоначчи, при $p = 1$ и $q = 3$ – последовательность Люка и т. д.

Обычно, при исследовании числовых последовательностей $G_1 = p$ и $G_2 = q$ целые числа. В случае, когда $G_1 = p = 1$, а $G_2 = q = 1/H$ дробное число, то последовательность $G_n = (1; 1/H)$ имеет вид:

$$G_n(1; 1/H) \quad \frac{1}{H} (H \quad 1 \quad H+1 \quad H+2 \quad 2H+3 \quad 3H+5 \dots).$$

Одной из частных последовательностей является, так называемая золотая последовательность чисел, в основе которой лежат начальные числа $G_1 = p = 1$ и дробное число $G_2 = q = 1/\Phi = 0,618$. В этом случае числовая последовательность имеет вид:

$$G_n(1; 1/\Phi) \quad \frac{1}{\Phi} (\Phi \quad 1 \quad \Phi+1 \quad \Phi+2 \quad 2\Phi+3 \quad 3\Phi+5 \quad 5\Phi+8 \dots).$$

Свойства обобщенных числовых последовательностей:

– сумма первых n чисел последовательности:

$$G_1 + G_2 + \dots + G_n = G_{n+2} - q, \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

– сумма первых n чисел с нечетными индексами:

$$G_1 + G_3 + G_5 + \dots + G_{2n-1} = G_{2n} - (q - 1), \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

– сумма первых n чисел с четными индексами:

$$G_2 + G_4 + G_6 + \dots + G_{2n} = G_{2n+1} - 1, \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$$

– сумма произведений смежных чисел:

$$G_1G_2 + G_2G_3 + \dots + G_{n-1}G_n = \frac{G_{n-1}G_{n+1} + G_n^2 - a}{2},$$

где $a = q^2 - q + 1$.

– сумма произведений смежных чисел, оканчивающихся нечетным членом:

$$G_1G_2 + G_2G_3 + G_3G_4 + \dots + G_{2n}G_{2n+1} = G_{2n+1}^2 - a, \quad q = 1,$$

где $a = q(q - 1) + 1$.

– сумма произведений смежных чисел, оканчивающихся четным членом:

$$G_1G_2 + G_2G_3 + G_3G_4 + \dots + G_{2n-1}G_{2n} = G_{2n}^2 - c,$$

где $c = q(q - 1)$.

– квадрат любого числа:

$$G_n^2 = G_{n-1}G_{n+1} + d(-1)^n, \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad (6)$$

где $d = q^2 - q - 1$.

– сумма квадратов первых n чисел:

$$G_1^2 + G_2^2 + \dots + G_n^2 = G_n G_{n+1} - f,$$

где $f = q - 1$.

В заключении остановимся на одном из интересных свойствах квадрата числа обобщенной последовательности. Из (6) следуют два свойства:

$$G_{n+1}^2 - G_{n-1}G_{n+1} = d(-1)^n, \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad (7)$$

$$G_{n+1}^2 + G_{n-1}G_{n+1} = 2G_n G_{n+1} + d(-1)^n, \quad q = 1, 2, 3, 4, 5, \dots \quad (8)$$

где $d = q^2 - q - 1$.

Суть первого свойства (7) заключается в том, что, что разность квадрата n -го числа и произведений $(n-1)$ и $(n+1)$ окружающих его чисел всегда равна d со знаком зависящем от четности или нечетности n . Для частного случая $q = 1$ и $q = 1$ значение d всегда равно 1. Соотношение (7) было установлено в 1680 г. французским астрономом Жаном-Домеником Кассини и названо его именем.

Суть второго свойства (8) состоит в том, что сумма квадрата n -го числа и произведений $(n-1)$ и $(n+1)$ окружающих его чисел всегда равна сумме $2G_n G_{n+1} + d$. Это соотношение выпало из поля зрения как Кассини, так и других исследователей рекуррентных последовательностей (может я ошибаюсь?). Почему это произошло автору неизвестно. В то же время соотношение (8) обладает не менее интересными свойствами, чем соотношение Кассини и заслуживает внимания со стороны исследователей, тем более, что первое соотношение (7) следует из второго (8), а второе из первого.

УДК 004.312.466

ЭТАПЫ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ДОКАЗАТЕЛЬСТВА КОРРЕКТНОСТИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ УСТРОЙСТВ АВТОМАТИКИ И ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Б. В. СИВКО

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

Микропроцессорные системы железнодорожной автоматики и телемеханики (СЖАТ) относятся к критически важным объектам информатизации и подлежат обязательному анализу на безопасность функционирования. В то же время доказательство безопасности функционирования аппаратно-программных комплексов (АПК), используемых на железной дороге, является одной из проблем, для которой в настоящее время не существует единого решения, поэтому идет интенсивный поиск методов и средств, позволяющих эффективно проводить верификацию микропроцессорных устройств.

Функциональность и безопасность поведения АПК зависит, в том числе, от находящегося в его составе программного обеспечения (ПО), в связи с этим, при анализе на безопасность существует необходимость верификации программных средств. При этом, так как ни один из существующих методов не гарантирует отсутствия ошибок в ПО, практикуется комплексный подход с применением ряда методов и средств на всех этапах жизненного цикла. Одним из способов верификации является доказательство корректности, успешно применяемое при анализе на безопасность в лаборатории «Безопасность и ЭМС технических средств» (БЭМС ТС) Белорусского государственного университета транспорта для микроэлектронных устройств СЖАТ низкого уровня, таких как блоки телеуправления (ТУ16-1) и телесигнализации (ТС32-1) диспетчерской централизации «Нёман», безопасные блоки управления напольными объектами ТУ-8Б и ТС-16Б микропроцессорной централизации «ипуть» и других устройств, выполняющих функции контроля, сигнализации, сопряжения и диагностики.