R. M. Nuriakhmetov, V. A. Novikov, M. P. Belov
Saint Petersburg Electrotechnical University «LETI»

CRANE ANTI-SWAY CONTROL SYSTEM

A mathematical model of trolley-rope-load mechanical system is derived by use of Lagrange equations. Depends on the mathematical model, structure scheme of anti-sway control system is given. Model of anti-sway control system is made and tested in Matlab Simulink program. Oscillograms of dynamic processes of trolley-rope-load mechanical system movement are obtained.

Crane, control system, anti-sway control, Lagrange equations

УДК 621.317.38

Д. В. Ишутинов, Е. Н. Малышев, Э. В. Москвин
Вятский государственный университет «ВятГУ»

Синтез оптимальной структуры датчика реактивной мощности

Рассмотрена оптимизация структуры датчика реактивной мощности с применением логико-комбинаторного подхода. Показаны альтернативные структуры датчика, получены их математические описания в виде характеристической булевой функции и проведена оптимизация структур по критерию сложности реализации.

Датчик реактивной мощности, логико-комбинаторный подход, характеристическая булева функция, аппаратная реализация, программная реализация, критерий оптимизации, оптимальная структура

Применение устройств компенсации реактивной мощности (УКРМ) в электрических сетях обеспечивает энергосбережение и повышает энергоэффективность потребителей электрической энергии. Статические УКРМ состоят из конденсаторной батареи, силовых коммутационных аппаратов и системы управления, основным элементом которой является датчик реактивной мощности (ДРМ).

Выбор оптимальной структуры является наиболее сложным этапом при проектировании технических устройств. Известны два подхода к учету множества альтернативных вариантов структуры – неформализованные и формализованные. При *первом* происходит интуитивный синтез устройства на основе накопленных знаний [1], *второй* основан на эквивалентных преобразованиях структуры или закона функционирования проектируемого устройства. Из известных формализованных методов [2], [3] авторами используется логико-комбинаторный подход (ЛКП).

Методика синтеза и оптимизации структуры с помощью ЛКП предусматривает следующие этапы [3], [4]:

1) задание закона функционирования, отражающего постановку задачи проектирования;

2) составление максимально-избыточной структуры (МИС) устройства;

3) представление вариантов структуры в форме характеристической булевой функции (ХБФ);

4) оптимизацию вариантов структуры по выбранному критерию.

Первый этап. Сигналы, пропорциональные модулю U_q и знаку Us_q, отражающему характер (индуктивный, емкостный, активный) реактивной мощности (РМ), вычисляются по выражениям

$$U_q = k\sqrt{3}\cdot U_{AB} I_C \sin\varphi;\ Us_q = \mathrm{sign}\left(I_C \sin\varphi\right), \quad (1)$$

где $k = U_q / Q$ – коэффициент передачи ДРМ; U_{AB}, I_C – действующее значение линейного напряжения и тока трехфазной сети; φ – фазовый сдвиг между кривыми напряжения и тока.

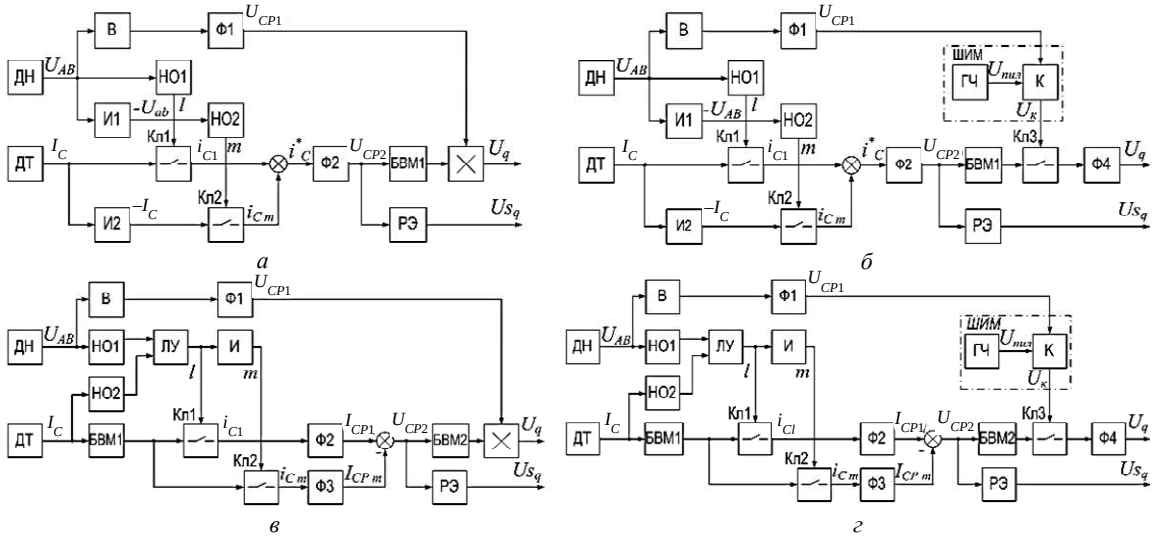

Рис. 1

Таблица 1

a_i	Описание унифицированного элемента и его обозначение (рис. 1)
a_0	«Внешняя среда» – учитывает входные воздействия
a_1	Выпрямитель с фильтром (В, Ф1)
a_2	Нуль-орган (НО1, НО2)
a_3	Инвертор аналоговый (И1, И2)
a_4	Ключ (Кл1, Кл2, Кл3)
a_5	Сумматор аналоговый (С)
a_6	Преобразователь среднего значения реактивного тока – фильтр (Ф2, Ф3)
a_7	Блок выделения модуля (БВМ1, БВМ2)
a_8	Релейный элемент с зоной нечувствительности (РЭ)
a_9	Компаратор (К)
a_{10}	Преобразователь среднего значения реактивной мощности – фильтр (Ф4)
a_{11}	Инвертор логический (И)
a_{12}	Логическое устройство «исключающее ИЛИ – НЕ» (ЛУ)
a_{13}	Умножитель аналоговый
a_{14}	Фиктивный согласующий элемент – учитывает различные варианты формирования выходного сигнала

Рассмотрены альтернативные структуры ДРМ (рис. 1) [5]–[7], реализующие закон функционирования (1). Обозначение элементов структур представлено в табл. 1.

На втором этапе после анализа структур ДРМ (рис. 1) унифицируются элементы и связи всех входов и выходов элементов [4]. Получается множество типовых элементов $a_i \in A$ (табл. 1) и множество связей $s_i \in S$. Для расширения множества альтернативных структур, введен фиктивный согласующий элемент a_{14}.

Далее описаны функции типовых элементов одной из структур (рис. 1, *а*) ДРМ:

$\boldsymbol{a_1}$ – преобразует сигнал, пропорциональный мгновенному значению линейного напряжения сети U_{AB}, в эквивалентное постоянное напряжение:

$$U_{CP1}(S_3) = \mathrm{mod}\left(\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} U_{AB}(S_1)\,d\omega t\right);$$

$\boldsymbol{a_2}$ – формирует в положительный полупериод при $U_{AB} \geq 0$ (НО1) выходной сигнал $l(S_4)$ или в отрицательный полупериод (НО2) при $U_{AB} < 0$ выходной сигнал $m(S_6)$:

$$l(S_4) = \begin{cases} 1, \text{если } U_{AB}(S_1) \geq 0, \\ 0, \text{если } U_{AB}(S_1) < 0; \end{cases}$$

$$m(S_6) = \begin{cases} 1, \text{если } -U_{AB}(S_1) \geq 0, \\ 0, \text{если } -U_{AB}(S_1) < 0; \end{cases}$$

$\boldsymbol{a_3}$ – изменяет знак сигнала, пропорционального мгновенному значению линейного напряжения сети U_{AB} (И1) или мгновенному значению тока i_C (И2):

$$-U_{AB}(S_5)=\mathrm{inv}\left(U_{AB}(S_1)\right),$$
$$-i_C(S_8)=\mathrm{inv}\left(i_C(S_2)\right);$$

***a*$_4$** – формирует сигнал $i_{Cl}(S_7)$, пропорциональный мгновенному значению тока i_C, в положительный (Кл1) или сигнал $i_{Cm}(S_9)$ в отрицательный (Кл2) полупериод напряжения U_{AB}:

$$i_{Cl}(S_7)=\begin{cases} i_C(S_1), \text{ если } l(S_4)=1, \\ 0, \text{ если } l(S_4)=0; \end{cases}$$

$$i_{Cm}(S_9)=\begin{cases} -i_C(S_9), \text{ если } m(S_6)=1, \\ 0, \text{ если } m(S_6)=0; \end{cases}$$

***a*$_5$** – формирует сигнал $i_C^*(S_{10})$ за период линейного напряжения U_{AB}, равный:

$$i_C^*(S_{10})=\begin{cases} i_C(S_2), \text{ если } 0\le \omega t\le \pi, \\ -i_C(S_2), \text{ если } \pi\le \omega t\le 2\pi \end{cases}$$

$$\text{или } i_C^*(S_{10})=\left(i_{Cl}(S_7)+i_{Cm}(S_9)\right);$$

***a*$_6$** – формирует сигнал, пропорциональный интегральному среднему значению тока $i_C^*(S_{10})$ – среднему значению реактивного тока трехфазной сети переменного тока:

$$I_{CP}(S_{11})=\frac{1}{2\pi}\left(\int_0^{\pi} i_C(S_2)\,d\omega t-\int_{\pi}^{2\pi} i_C(S_2)\,d\omega t\right);$$

***a*$_7$** – выделяет модуль сигнала $I_{CP}(S_{11})$:

$$I_{CP}(S_{12})=\mathrm{mod}\left(I_{CP}(S_{11})\right);$$

***a*$_8$** – формирует релейный сигнал $Us_Q(S_{14})$:

$$Us_q(S_{14})=\begin{cases} 1, \text{ если } I_{CP}(S_{12})>0, Q>\Delta Q \\ \text{(индуктивный характер РМ)}, \\ 0, \text{ если } I_{CP}(S_{12})=0, -\Delta Q\le Q\le \Delta Q \\ \text{(РМ равна нулю)}, \\ -1, \text{ если } I_{CP}(S_{12})<0,\ Q<-\Delta Q \\ \text{(емкостный характер РМ)}; \end{cases}$$

***a*$_{13}$** – формирует выходной сигнал $U_q(S_{13})$:

$$U_q(S_{13})\equiv U_{AB}I_C\sin\varphi.$$

Аналогично описаны функции типовых элементов альтернативных структур ДРМ:

***a*$_5$** (рис. 1, *в*) – формирует сигнал $U_{CP2}(S_{13})$ за период линейного напряжения U_{AB}:

$$U_{CP2}(S_{13})=\left(I_{CPl}(S_{11})-I_{CPm}(S_{12})\right);$$

***a*$_6$** (рис. 1, *в*, *г*) – формирует сигнал, пропорциональный интегральному среднему значению сигнала (Ф2) $i_{Cl}(S_9)$ и сигнала (Ф3) $i_{Cm}(S_{10})$:

$$I_{CPl}(S_{11})=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i_{Cl}(S_9)\,d\omega t,$$

$$I_{CPm}(S_{12})=\frac{1}{2\pi}\int_0^{2\pi} i_{Cm}(S_{10})\,d\omega t;$$

***a*$_9$** (рис. 1, *б*) – формирует импульсный сигнал, ширина импульса которого пропорциональна постоянному напряжению $U_{CP1}(S_3)$:

$$U_{\mathrm{K}}(S_{13})\left(U_{CP1}(S_3)\right);$$

***a*$_{10}$** (рис. 1, *б*) – формирует сигнал $U_q(S_{15})$:

$$U_q(S_{15})\left(U(S_{14})\right)$$

или

$$T\frac{dU_q(S_{15})}{dt}+U_q(S_{15})=kU(S_{14}).$$

После этого выявляются ф-элементы z_i как вхождения каждого типового элемента $a_i\in A$ в совокупность структур и записываются условия активации ф-элементов z_i и связей S_k по выражениям [3], [4] – получается множество ф-элементов $z_i\in Z$, определяющее МИС устройства:

$$z_i:\beta_{z_i}=a_i\left(\alpha_{z_i}\right),\ \tilde{z}_i\to z_i\beta_{z_i}\tilde{\alpha}_{z_i},\ \tilde{\alpha}_{z_i}\to\tilde{z}_i, \quad (2)$$

где α_{z_i}, β_{z_i} – множество входных и выходных связей ф-элемента z_i.

Например, для ф-элемента z_i (рис. 1, *а*) по (2) получается: $z_1{:}\,S_1$, $S_2=a_0(S_{15})$, $z_2{:}\,S_3=a_1(S_1)$ и т. п., а условия активации примут вид: $\tilde{z}_1\to$ $\to z_1S_1S_2\tilde{S}_{15}$, $\tilde{S}_{15}\to\tilde{z}_{14}$; $\tilde{z}_2\to z_2S_3\tilde{S}_1$, $\tilde{S}_1\to\tilde{z}_1$ и т. п. Для согласующего элемента a_{14} по (2) получается:

$$z_{14}:S_{15}=a_{14}(S_{13},S_{14}),$$
$$\tilde{z}_{14}\to z_{14}S_{15}\left(\tilde{S}_{13}\vee\tilde{S}_{14}\vee\tilde{S}_{13}\tilde{S}_{14}\right),\ \tilde{S}_{13}\to\tilde{z}_{13},$$
$$\tilde{S}_{14}\to\tilde{z}_{12}.$$

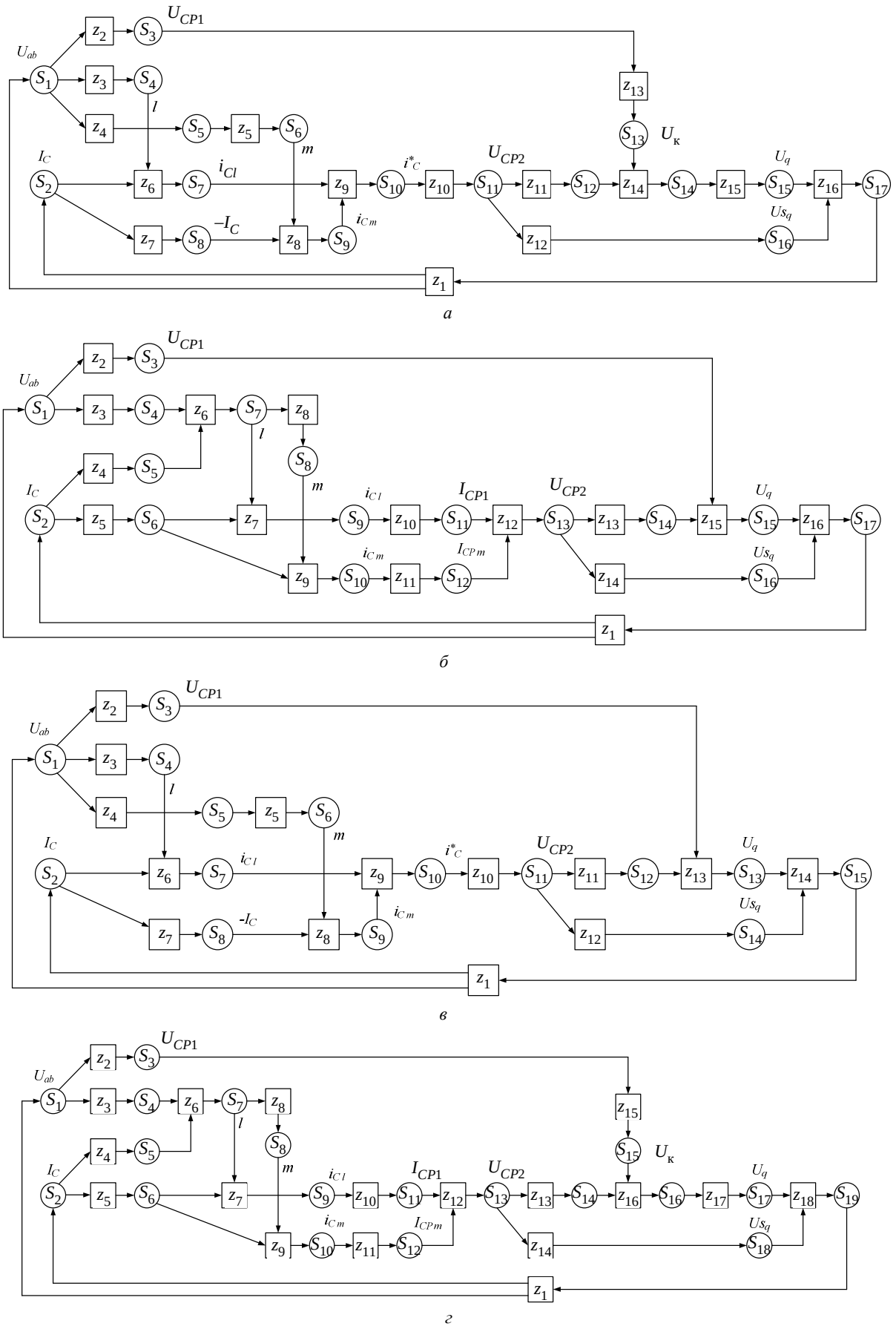

Рис. 2

Условия активации ф-элементов и связей для структур ДРМ (рис. 1, *б–г*) определяются аналогично. В результате составляются МИС ДРМ в виде альтернативного И–ИЛИ–графа (рис. 2).

На третьем этапе для явного представления множества альтернативных вариантов структур ДРМ (см. рис. 1) разворачивают выражение для $\tilde{z}_1$ [3], [4] и получаются ХБФ в сокращенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) для МИС (рис. 2) в виде

$$f_а(z) = z_1z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{12}z_{14} \vee \vee z_1z_2z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{13}z_{14} \vee \vee z_1z_2z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{12}z_{13}z_{14}, \quad (3)$$

$$f_б(z) = z_1z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{12}z_{16} \vee \vee z_1z_2z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{13}z_{14}z_{15}z_{16} \vee \vee z_1z_2z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{12}z_{13}z_{14}z_{15}z_{16}, \quad (4)$$

$$f_в(z) = z_1z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{12}z_{14}z_{16} \vee \vee z_1z_2z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{12}z_{13}z_{15}z_{16} \vee \vee z_1z_2z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{12}z_{13}z_{14}z_{15}z_{16}, \quad (5)$$

$$f_г(z) = z_1z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{12}z_{14}z_{18} \vee \vee z_1z_2z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{12}z_{13}z_{15}z_{16}z_{17}z_{18} \vee \vee z_1z_2z_3z_4z_5z_6z_7z_8z_9z_{10}z_{11}z_{12}z_{13}z_{14}z_{15}z_{16}z_{17}z_{18} \quad (6)$$

или в общем виде $f(z) = f_1(z) \vee f_2(z) \vee f_3(z)$, где $f_1(z), f_2(z), f_3(z)$ – импликант СДНФ, соответствующий первому (получение информации о знаке РМ), второму (получение информации о модуле РМ) и третьему (получение информации о модуле и знаке РМ) вариантам функционирования ДРМ соответственно.

На четвертом этапе выполняется оптимизация структуры (см. рис. 1). Для этого ХБФ (3)–(6) на основе изоморфизма записывается в виде минимизации алгебраических весов ф-элементов [3]: ф-элемент заменяется его весом: $z_i \to p(z_i)$; логическая операция «И» заменяется арифметическим суммированием: $\& \to +$; логическая операция «ИЛИ» заменяется вычислением минимума: $\vee \to \min$. Для поиска оптимальной структуры рассчитываются абсолютные и относительные веса, суммируются относительные веса ф-элементов z_i, после чего выбирается структура с минимальным относительным весом.

Расчет абсолютных весов ф-элементов z_i для структур ДРМ (рис. 2) выполнен по выражению

$$\text{В}(z_i) = \sum_{l=1}^{n} k_l \Pi_l^*(z_i), \quad (7)$$

где k_l – весовой коэффициент, учитывающий влияние показателя на абсолютный вес элемента, определяемый методом экспертных оценок; $\Pi_l^*(z_i)$ – относительный качественный показатель.

При определении $\Pi_l^*(z_i)$ и k_l должен учитываться способ реализации ДРМ. При оптимизации по критерию сложности *аппаратной реализации* в качестве показателей выбираются – стоимость элемента и его надежность. При оптимизации по критерию сложности *программной реализации* наиболее значимыми показателями являются количество вычислительных циклов процессора и количество строк программного кода. С учетом этого выражение (7) для расчета абсолютных весов $\text{В}(z_i)$ ф-элементов при аппаратной $P(z_i)$ и программной $Q(z_i)$ реализации примут вид

$$P(z_i) = 0.6 \cdot C^*(z_i) + 0.4 \cdot H^*(z_i);$$
$$Q(z_i) = 0.7 \cdot L^*(z_i) + 0.3 \cdot N^*(z_i),$$

где $C^*(z_i) = C(z_i)/C_{\max}$ – относительная стоимость ф-элемента ($C(z_i)$ – стоимость *i*-го ф-элемента; $C_{\max}$ – максимальная стоимость ф-элемента анализируемой структуры); $H^*(z_i) = \lambda_э(z_i)/\lambda_{\max}$ – относительный показатель надежности ($\lambda_э(z_i)$ – эксплуатационная интенсивность отказов *i*-го ф-элемента [8]; $\lambda_{\max}$ – максимальное значение интенсивности отказов ф-элемента анализируемой структуры); $L^*(z_i) = L(z_i)/L_{\max}$ – относительный показатель быстродействия ($L(z_i)$ – количество вычислительных циклов процессора при программировании ф-элемента; $L_{\max}$ – максимальное количество вычислительных циклов процессора при программировании ф-элемента анализируемой структуры); $N^*(z_i) = N(z_i)/N_{\max}$ – относительный показатель сложности программы ($N(z_i)$ – количество строк программного кода при программировании ф-элемента; $N_{\max}$ – максимальное количество строк программного кода при программировании ф-элемента анализируемой структуры).

При оптимизации структур вес типовых элементов a_0 и a_{14} принят равным нулю. При оптимизации структур по критерию сложности программной реализации блоки, реализующие преобразование двухполярного сигнала в однополярный В, Ф1, ДН, ДТ (см. рис. 1), НО1, НО2, БВМ1 (см. рис. 1, *в*, *г*) на входе АЦП, реализуются аппаратно, и их весовые коэффициенты приняты равными нулю. Функциональные блоки Ф2 и Ф3 (см. рис. 1, *в*, *г*) могут быть программно реализованы с помощью одного блока Ф2/3, помещенного после блока суммирования. Это возможно в силу того, что величины на входах Ф2, Ф3 имеют одинаковые размерности и период обработки. Весовой коэффициент функционального программного блока Ф2/3 принят равным весовому коэффициенту только одного блока Ф2 или Ф3.

После определения значений качественных показателей и абсолютных весов ф-элементов z_i производится нормализация весов по известным выражениям [3], [4]. Результаты расчета нормализованных весов сведены в табл. 2.

Выполнив указанные ранее замены, вычисляем вес альтернативной структуры ДРМ [3], [4]:

$$\min\ p = \min\left(\sum_{i=1,(z_i \in Z_{\text{зн}})}^{n} p_i,\ \sum_{i=1,(z_i \in Z_{\text{м}})}^{n} p_i;\ \sum_{i=1,(z_i \in Z)}^{n} p_i\right);$$

$$\min\ q = \min\left(\sum_{i=1,(z_i \in Z_{\text{зн}})}^{n} q_i,\ \sum_{i=1,(z_i \in Z_{\text{м}})}^{n} q_i;\ \sum_{i=1,(z_i \in Z)}^{n} q_i\right),$$

где p_i, q_i – нормализованный вес ф-элемента z_i; $Z_{\text{зн}}$, $Z_{\text{м}}$ – множество ф-элементов z_i, вырабатывающих информацию о знаке и модуле РМ соответственно; n – количество ф-элементов структуры.

Тогда для альтернативных структур (см. рис. 1), которые описываются МИС (см. рис. 2), получается:

$$\min\ p = \min(0.132;\ 0.210;\ 0.243),\quad \min\ q = \min(0.178;\ 0.147;\ 0.202) \tag{8}$$

– структура рис. 1, *а*;

$$\min\ p = \min(0.132;\ 0.203;\ 0.236),\quad \min\ q = \min(0.178;\ 0.223;\ 0.279) \tag{9}$$

– структура рис. 1, *б*;

$$\min\ p = \min(0.153;\ 0.231;\ 0.264),\quad \min\ q = \min(0.141;\ 0.109;\ 0.165) \tag{10}$$

– структура рис. 1, *в*;

$$\min\ p = \min(0.153;\ 0.224;\ 0.257),\quad \min\ q = \min(0.141;\ 0.186;\ 0.241) \tag{11}$$

– структура рис. 1, *г*.

Первый весовой коэффициент в (8)–(11) отражает сложность структуры ДРМ при формировании информации о знаке РМ, второй – о модуле РМ, а третий – о величине РМ с учетом знака. Наиболее важной для функционирования УКРМ является информация о знаке РМ, информация о модуле, как правило, используется для индикации значения РМ персоналу. С учетом этого при *аппаратной реализации* выбор оптимальной структуры ДРМ необходимо проводить на основе анализа первого из полученных трех весовых коэффициентов, а при *программной реализации* – третьего.

Таблица 2

a_i	ф-элемент (рис. 2)				Вес ф-элемента $p(z_i)$				Вес ф-элемента $q(z_i)$			
	а	б	в	г	а	б	в	г	а	б	в	г
a_1	z_2	z_2	z_2	z_2	**0.046**	**0.046**	**0.046**	**0.046**	0.000	0.000	0.000	0.000
a_2	z_3, z_5	z_3, z_5	z_3, z_4	z_3, z_4	**0.015**	**0.015**	**0.015**	**0.015**	**0.019**	**0.019**	**0.019**	**0.019**
a_3	z_4, z_7	z_4, z_7	–	–	**0.015**	**0.015**	0.000	0.000	**0.003**	**0.003**	0.000	0.000
a_4	z_6, z_8	z_6, z_8, z_{14}	z_7, z_9	z_7, z_8, z_{16}	**0.003**	**0.003**	**0.003**	**0.003**	**0.019**	**0.019**	**0.019**	**0.019**
a_5	z_9	z_9	z_{12}	z_{12}	**0.017**	**0.017**	**0.017**	**0.017**	**0.003**	**0.003**	**0.003**	**0.003**
a_6	z_{10}	z_{10}	z_{10}, z_{11}	z_{10}, z_{11}	**0.016**	**0.016**	**0.016**	**0.016**	**0.039**	**0.039**	**0.039**	**0.039**
a_7	z_{11}	z_{11}	z_5, z_{13}	z_5, z_{13}	**0.031**	**0.031**	**0.031**	**0.031**	**0.016**	**0.016**	**0.016**	**0.016**
a_8	z_{12}	z_{12}	z_{14}	z_{14}	**0.033**	**0.033**	**0.033**	**0.033**	**0.055**	**0.055**	**0.055**	**0.055**
a_9	–	z_{13}	–	z_{15}	0.000	**0.031**	0.000	**0.031**	0.000	**0.027**	0.000	**0.027**
a_{10}	–	z_{15}	–	z_{17}	0.000	**0.016**	0.000	**0.016**	0.000	**0.039**	0.000	**0.039**
a_{11}	–	–	z_8	z_8	0.000	0.000	**0.002**	**0.002**	0.000	0.000	**0.003**	**0.003**
a_{12}	–	–	z_6	z_6	0.000	0.000	**0.002**	**0.002**	0.000	0.000	**0.003**	**0.003**
a_{13}	z_{13}	–	z_{15}	–	**0.034**	0.000	**0.034**	0.000	**0.008**	0.000	**0.008**	0.000

Следовательно, при аппаратной реализации ДРМ оптимальна вторая структура (см. рис. 1, *б*), в которой, как отмечено ранее, можно исключить элементы и связи, формирующие информацию о модуле РМ. При программной реализации ДРМ очевидно преимущество третьей структуры (см. рис. 1, *в*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Норенков И. П. Введение в автоматизированное проектирование технических устройств и систем. М.: Высш. шк., 1980. 311 с.
2. Цвиркун А. Д. Основы синтеза структуры сложных систем. М., 1982. 200 с.
3. Анкудинов Г. И. Синтеза структуры сложных объектов: логико-комбинаторный подход. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1986. 367 с.
4. Хорошавин В. С. Синтез структур управляющих устройств оптимальных систем: учеб. пособие. Горький: Изд-во ГГУ, 1989. 103 с.
5. Заявка на изобр. 95107390/07. Способ измерения реактивной мощности трехфазной сети переменного тока и устройство для его осуществления / Н. И. Присмотров, А. П. Протасов, В. М. Холманских, В. С. Хорошавин; опубл. 20.02.1997.
6. Пат. на полезную модель № 140032. Устройство для измерения реактивной мощности трехфазной сети переменного тока / Н. И. Присмотров, В. С. Хорошавин, С. И. Охапкин, Д. В. Ишутинов; опубл. 27.04.2014. Бюл. № 12.
7. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2015617126. Управление устройством компенсации реактивной мощности / Д. В. Ишутинов, В. С. Грудинин; дата гос. регистрации в Реестре программ для ЭВМ 30.06.2015 .
8. Боровиков С. М., Цырельчук И. Н., Троян Ф. Д. Расчет показателей надежности радиоэлектронных средств: учеб.-метод. пособие / под ред. С. М. Боровикова. Минск: БГУИР, 2010. 68 с.

D. V. Ishutinov, E. N. Malyshev, E. V. Moskvin
Vyatka state university

SYNTHESIS OF OPTIMAL REACTIVE POWER SENSOR STRUCTURE

Optimization of the structure of the sensor of reactive power using logic-combinatorial approach is considered. Showing the alternative structures of the sensor, obtained by their mathematical description of a characteristic Boolean function the optimization by the criterion of complexity of implementation.

Reactive power sensor, logic-combinatorial approach, characteristic Boolean function, the hardware implementation, software implementation, optimization criterion, the optimal structure