

ниями и с заданной дискретностью (от долей секунды до нескольких секунд) рассчитываются изменения параметров в процессе перехода от исходного режима к установившемуся [2].

Противоаварийные тренажеры (ПАТ) предназначены для обучения оперативного и диспетчерского персонала методам оперативной ликвидации аварий в энергосистеме. Под оперативной ликвидацией аварий следует понимать отделение от энергосистемы поврежденного оборудования или участка сети, предотвращение развития аварии, устранение опасности для обслуживающего персонала и оборудования, не затронутого аварией, восстановление нарушенного в результате аварии электроснабжения потребителей, создание наиболее надежной в данных условиях схемы работы энергосистемы и отдельных ее частей, выяснение состояния отключившегося во время аварии оборудования и возможности его включения в работу.

Противоаварийный тренажер, таким образом, должен сочетать функции тренажера оперативных переключений и режимного тренажера.

ЛИТЕРАТУРА

1. К у п е р ш м и д т Ю.Я., Л ю б а р с к и й Ю.Я., О р н о в В.Г. Принципы построения универсального программируемого тренажера оперативных переключений // Электр. станции. – 1982. – № 11. – С. 48–52.
2. О р н о в В.Г., Р а б и н о в и ч М.А. Динамический режимный тренажер диспетчера на базе мини-ЭВМ // Электр. станции. – 1985. – № 5. – С. 42–47.

УДК 681.51.015

Г.Т. КУЛАКОВ

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ НАСТРОЙКИ ДВУХКОНТУРНЫХ АСР С ИСЧЕЗАЮЩИМ ПРОМЕЖУТОЧНЫМ СИГНАЛОМ

В двухконтурной автоматической системе регулирования (АСР) с исчезающим промежуточным сигналом подлежат выбору структура и параметры динамической настройки регулятора и дифференцирующего устройства, обеспечивающие заданную матричную переходную характеристику системы $H(t) = (h_{ij}(t))$. Здесь элемент $h_{ij}(t)$ представляет собой переходный процесс по выходу $x_i(t)$, где $i = 1, 2$, вызванный ступенчатым изменением задания $x_{зд}(t) = 1(t)$ системы. При этом динамические характеристики участков регулирования представлены в общем виде следующими передаточными функциями:

$$W_{\text{оп}}(s) = \frac{X_1(s)}{X_p(s)} = W_{\text{оп}}^0(s) e^{-\tau_{\text{оп}} s}, \quad (1)$$

где $W_{\text{оп}}^0(s)$ – передаточная функция опережающего участка по промежуточному значению $x_1(t)$ при ступенчатом изменении регулирующего воздействия $x_p(t) = 1(t)$; $W_{\text{оп}}^0(s)$ – передаточная функция опережающего участка, не со-

держущая запаздывания; $\tau_{\text{оп}}$ – время запаздывания опережающего участка по каналу регулирования воздействия:

$$W_{\text{ин}}(s) = \frac{X_2(s)}{X_1(s)} = W_{\text{ин}}^0(s) e^{-\tau_{\text{ин}} s}, \quad (2)$$

где $W_{\text{ин}}(s)$, $W_{\text{ин}}^0(s)$ – соответственно передаточные функции по основному регулируемому параметру $x_2(t)$ инерционного участка с запаздыванием и без него при ступенчатом изменении промежуточного значения $x_1(t) = 1(t)$; $\tau_{\text{ин}}$ – время запаздывания инерционного участка. При этом рассматривается случай, когда инерционность опережающего участка значительно меньше инерционности главного.

С учетом выражений (1) и (2) переходной матрице системы должны соответствовать следующие передаточные функции:

$$W_{\text{оп}}^{\text{зд}}(s) = \frac{e^{-\tau_{\text{оп}} s}}{T_{x1}^{\text{зд}} s + 1}; \quad (3)$$

$$W_{\text{ин}}^{\text{зд}}(s) = \frac{e^{-\tau_{\text{ин}} s}}{T_{x2}^{\text{зд}} s + 1}, \quad (4)$$

где $W_{\text{оп}}^{\text{зд}}(s)$, $W_{\text{ин}}^{\text{зд}}(s)$ – соответственно заданные передаточные функции по промежуточному $x_1(t)$ и основному $x_2(t)$ регулируемым параметрам при ступенчатом изменении задания $x_{\text{зд}}(t) = 1(t)$; $T_{x1}^{\text{зд}}$, $T_{x2}^{\text{зд}}$ – соответственно заданные значения постоянных времени экстремалей требуемых переходных характеристик системы по промежуточному и основному параметрам [1].

Для общего случая представления передаточных функций участков регулирования выражениями (1) и (2) выбор структуры и параметров динамической настройки регулятора и дифференцирующего устройства проведем в последовательности, предложенной в [2], с использованием метода, изложенного в [1].

Вначале по передаточной функции (2) в соответствии с критерием (4) по методике [1] определим оптимальную передаточную функцию дифференцирующего устройства:

$$W_{\text{ду}}(s) = (W_{\text{кр}}(s))^{-1} = \frac{W_{\text{ин}}^0(s) (T_{\text{ин}}^{\text{зд}} + \tau_{\text{ин}}) s}{0,5 \tau_{\text{ин}} (T_{\text{ин}}^{\text{зд}} \tau_{\text{ин}}^{-1} + 1) s + 1} = k_{\text{ду}} W_{\text{ду}}^0(s), \quad (5)$$

где $W_{\text{ду}}(s)$, $W_{\text{кр}}(s)$ – соответственно передаточные функции дифференцирующего устройства и корректирующего регулятора с передаточной функцией, обратной $W_{\text{ду}}(s)$; $k_{\text{ду}}$, $W_{\text{ду}}^0(s)$ – соответственно коэффициент передачи дифференцирующего устройства и его передаточная функция при $k_{\text{ду}} = 1$. В частном случае задания критерия оптимальности в виде функции (4) и передаточной функции инерционного участка

$$W_{\text{ин}}(s) = W_{\text{ин}}^0(s) e^{-\tau_{\text{ин}} s} = \frac{k_{\text{ин}}}{T_1 s + 1} e^{-\tau_{\text{ин}} s},$$

где $k_{\text{ин}}, T_1$ — соответственно коэффициент передачи и постоянная времени участка, передаточная функция (5) принимает следующий вид:

$$W_{\text{ду}}(s) = \frac{k_{\text{ду}} T_{\text{д}} s}{(T_{\text{д}} s + 1)(T_{\text{ф}} s + 1)}.$$

Полученное выражение для $W_{\text{ду}}(s)$ соответствует последовательному соединению реального дифференцирующего звена и инерционного звена первого порядка при условии:

$$\left. \begin{aligned} T_{\text{д}} &= T_1; \\ k_{\text{ду}} &= k_{\text{ин}} \left(\frac{T_{\text{зд}}}{T_1} + \frac{\tau_{\text{ин}}}{T_1} \right); \\ T_{\text{ф}} &= 0,5 \tau_{\text{ин}} \left(\frac{T_{\text{зд}}}{\tau_{\text{ин}}} + 1 \right)^{-1}. \end{aligned} \right\} \quad (6)$$

Выбор структуры регулятора производится по передаточной функции (1) с учетом коэффициента передачи $k_{\text{ду}}$, полученного из формулы (5), на основе критерия (3) по методике, изложенной в [1]:

$$W_{\text{р}}(s) = \left(\frac{0,5 \tau_{\text{оп}}}{T_{\text{зд}} \tau_{\text{оп}}^{-1} + 1} s + 1 \right) (k_{\text{ду}} W_{\text{оп}}^0(s) (T_{\text{х1}}^{\text{зд}} + \tau_{\text{оп}}) s)^{-1}. \quad (7)$$

В частности, если передаточную функцию $W_{\text{оп}}^0(s)$ представить в виде

$$W_{\text{оп}}^0(s) = \frac{k_{\text{оп}}}{T_{\text{оп}} s + 1}, \quad (8)$$

то, подставив (8) в (7), получим передаточную функцию ПИД-регулятора

$$W_{\text{р}}(s) = \frac{k_{\text{р}} (T_{\text{и}} s + 1) (T_{\text{у}} s + 1)}{T_{\text{и}} s},$$

где $k_{\text{р}}, T_{\text{и}}, T_{\text{у}}$ — соответственно коэффициент усиления, время интегрирования и время упреждения регулятора:

$$\left. \begin{aligned} k_{\text{р}} &= \frac{T_{\text{оп}}}{k_{\text{ду}} k_{\text{оп}} (T_{\text{х1}}^{\text{зд}} + \tau_{\text{оп}})}; \\ T_{\text{и}} &= T_{\text{оп}}; \\ T_{\text{у}} &= \frac{0,5 \tau_{\text{оп}}}{T_{\text{х1}}^{\text{зд}} \tau_{\text{оп}}^{-1} + 1}. \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

Формулы (6) и (9) являются универсальными для расчета параметров динамической настройки двухконтурных АСР. Так, например, при $T_{x2}^{зд} = T_1$ и $T_{x1}^{зд} = \min$ при заданном значении показателя колебательности быстродействующего контура параметры динамической настройки соответствуют настройкам, полученным методом, который приведен в [3] для оптимальной обработки внутренних возмущений. Если при этом $T_\phi = 0$, то формулы (6) и (7) преобразуются к виду [4]. При $T_{x2}^{зд} = \tau_{ин}$; $T_\phi = 0$; $T_{x1}^{зд} = \min$ для $M_{x1} = \text{const}$ формулы (6) и (9) примут вид формул, приведенных в [5].

ЛИТЕРАТУРА

1. Кулаков Г.Т. Синтез оптимальных алгоритмов регулирования объектов с запаздыванием // Науч. и прикл. пробл. энергетики. – 1987. – Вып. 14. – С. 28–32.
2. Стефанни Е.П. Основы расчета настройки регуляторов теплоэнергетических процессов. – М.: Энергия, 1972. – 376 с.
3. Кулаков Г.Т. Инженерные экспресс-методы расчета промышленных систем регулирования. – Мн.: Выш. шк., 1984. – 192 с.
4. Исследование методов настройки систем регулирования с опережающим скоростным сигналом / Г.Т. Кулаков, А.А. Москаленко, А.Т. Кулаков и др. // Изв. вузов. Энергетика. – 1986. – № 8. – С. 73–76.
5. Кулаков Г.Т., Малюф А.Н. Методика расчета динамической настройки регуляторов впрысков по конструктивным и режимным характеристикам пароперегревателей // Изв. вузов. Энергетика. – 1984. – № 12. – С. 86–88.

УДК 621.315.616

Г.М. ГОРДЕЕВ, С.Н. ИВАНОВА

ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ФЕНОПЛАСТОВ НА ОСНОВЕ НОВОЛАЧНЫХ И РЕЗОЛЬНЫХ СМОЛ

Пластмассы на основе фенолформальдегидных смол находят широкое применение для изготовления изделий как общетехнического, так и электротехнического назначения. Наряду с хорошей технологичностью эти материалы обладают ценными техническими свойствами: высокой механической прочностью, хорошими электроизоляционными характеристиками, стойкостью к многим органическим растворителям и др.

С целью улучшения определенных характеристик фенопластов и удешевления изделий из них в пресс-порошки вводят различные минеральные и органические наполнители. В данной статье приводятся результаты исследования влияния органического наполнителя в виде древесной муки на электрические свойства фенопластов: удельное объемное электрическое сопротивление ρ_v , диэлектрическую проницаемость ϵ , тангенс угла диэлектрических потерь $\text{tg}\delta$ и электрическую прочность $E_{пр}$.

Образцы для испытаний были получены методом горячего прессования пресс-порошков резольных и новолачных фенопластов с древесным наполнителем в объеме от 3 до 7%. Каждый образец представляет собой диск из фенопласта толщиной 3 мм и диаметром 100 мм. На диски наносились электроды из алюминиевой фольги по методу, описанному в работе [1]. Испытания об-