

STABILITY TUNING OF AN AUTO-RESONANT TRANSDUCER FOR DIAGNOSING TRACTION POWER SUPPLY OBJECTS USING THE LAGRANGE METHOD

Yakubov Mirjalil

*Doctor of Philosophy (PhD),
Tashkent state transport University,
professor,*

Urolov Inomjon

*Tashkent state transport University,
student,*

Annotation: *The paper considers the issues of the principle of constructing electromagnetic capacitive transducers for control systems and measuring the parameters of complex resistances of objects, including those with large losses in general for electrical and non-electrical quantities. Based on a functional and block diagram that implements an autoresonant mode that increases the sensitivity of the conversion by using a variable frequency generator that feeds the converter. The law of frequency change of the power source is formed on the basis of the signal from the motor phase of current and voltage, using a phase-sensitive detector and a quadrature phase shifter. A block diagram of an autoresonance converter has been compiled, the analysis of the transient curves of which shows that the gain and time constants of the functional elements: the amplifier of the phase-sensitive detector, the quadrature phase shifter and the variable frequency generator, due to the parametric effect of the changing frequency, have a different effect on the static and dynamic characteristics: the brevity of the change in sensitivity, oscillation, overregulation and so much stability. Optimize the stability tuning of the autoresonance converter using the method of indefinite Lagrange multipliers.*

Keywords: *autoresonant converter, phase-sensitive detector, variable frequency, functional and block diagram, complex resistances, metrological characteristics, tuning, Lagrange method.*

Автоматическое параметров комплексных сопротивлений (КС) на переменном токе занимают особое место в современной измерительной технике. По параметрам КС контролируют диагностические признаки объектов электроснабжения в процессе диагностирования, как при стационарном, так и при рабочем режиме.

Измерение электрических и неэлектрических величин с помощью измерительных преобразователей КС производится применением методов автоматического уравнивания, обеспечивающих высокие метрологические характеристики, они являются наиболее точными, гибкими и универсальными.

В данном исследовании приводятся принципиальные схемы (Рис 1а,б),

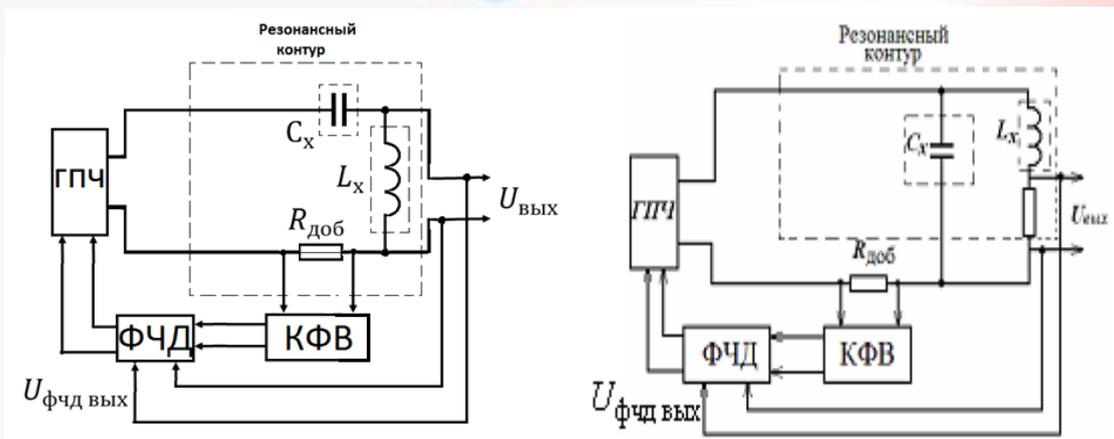


Рис 1. Варианты схем преобразователей (датчиков) параметров КС с адаптацией на максимальную чувствительность: ГПЧ - генератор переменной частоты ; ФИД - фазочувствительный детектор ; КФВ - квадратурный фазовращатель, $U_{\text{ФЧД Вых}}$ - выходной сигнал ФИД. реализующие автоматическое уравнивание измеряемого C_x или индуктивности L_x в использовании замкнутой системы экстремального регулирования с адаптацией на максимальную чувствительность путем поддержания параметрического авторезонансного режима независимо от температурных и временных нестабильностей окружающей среды.

$$U_{\text{вых.пр}} = \frac{\omega L_2 U_{\text{ФЧД}} (\omega_1 / \omega_2)}{\sqrt{(R_{\text{доб}} + R_{L_2})^2 + (\omega L_2 - 1 / \omega C_2)^2}}, \quad (1)$$

где $\omega = 2\pi f$ – угловая частота ГПЧ; ω_1 – количество витков первичной обмотки, R_{L_2} – сопротивление вторичной обмотки датчика. следует, что особенностью ее структурной схемы является наличие аддитивного канала по напряжению и параметрического канала по частоте, имеющим единое нелинейное звено записываемое выражением (1) и общий линейный тракт, состоящий из КФВ, ФЧД, и ГПЧ.

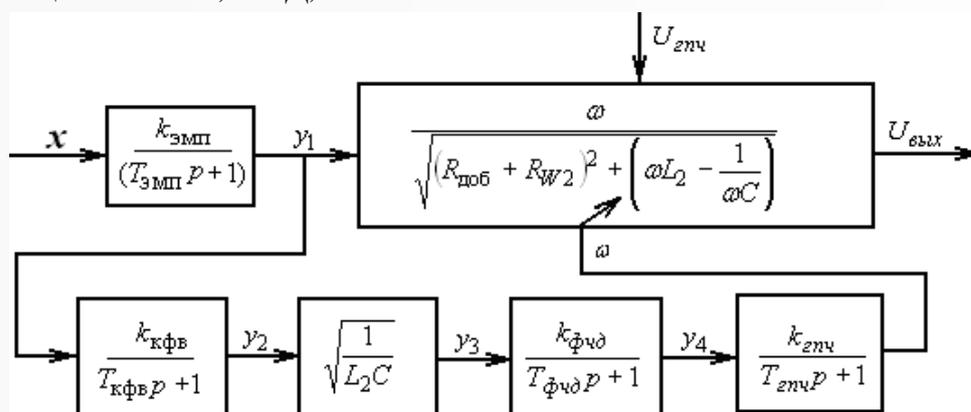


Рис 2. Структурная схема преобразователя КС.

Анализ кривых переходных процессов электромагнитного авторезонансного преобразователя показывает, что коэффициенты усиления и постоянные времени функциональных элементов (усилителя У, фазочувствительного детектора (ФЧД), квадратурного фазовращателя КФВ и

генератора переменной частоты (ГПЧ) в силу параметрического воздействия изменяющейся частоты оказывают различное влияние на параметры их статических и динамических характеристик: в частности на кратность изменения чувствительности, колебательность, перерегулирование, и в конечном счете на степень устойчивости. Возможна и другая постановка задачи: выбор такого допустимого диапазона изменения частоты, осуществляемый выбором конструктивных параметров индуктивности магнитной системы преобразователя и задающего конденсаторы динамику преобразования. В первом и во втором случае последовательность настройки преобразователя с помощью каждого функционального элемента определяет среднее затрачиваемое в тоже времени, так как параметры основного и параметрического контура взаимосвязаны проведение, предупредительных настройки при возрастающих отклонениях от номинальных параметров и потока отказов $\omega(t)$, а также уменьшает среднюю частоту потери устойчивости [1]:

$$\omega = \frac{1}{T_{nl}} \int_0^1 \omega(t) dt \quad (2)$$

Анализ средней стоимости предварительных настроек и убытков от и корректировки схемных решений изготовления опытных образцов функциональных элементов показывает, что стоимость, трудозатрат на настройку $\sum C_{nl}$ меньше, чем стоимость изготовления и потери устойчивости $\sum_{j=1}^m C_{yc}$ и поэтому можно оптимизировать последовательность настройки и последующую корректировку настройки в целях минимизации удельных затрат по времени.

В данной работе сделана попытка решать эту задачу методом неопределенных множителей Лагранжа, позволяющей свести задачу условной оптимизации к более простой задаче безусловной оптимизации, т.е. нахождение абсолютного экстремума [3].

Учитывая, что каждый функциональный блок подвержен нескольким видам отказов, характеризуемый соответственно интенсивностью $\lambda_i(t)$ и параметром потока отказов $\omega_i(t)$, периодичность предупредительных плановых настроек $\dot{O}_{i\bar{v}}$ можно оптимизировать по критерию минимума затрат и технологических потерь, обусловленных погрешностью и отказами преобразователя:

$$Z = \sum_{i=1}^n C_{yc} \lambda_i + \sum_{j=1}^m C_{nlj} \lambda_j \quad (3)$$

Условие (3) однозначно соответствует критерию минимума удельных затрат на настройку.

$$z = \frac{3}{\sum_{i=1}^n C_{ycij}} \lambda_i + \left(\frac{\sum_{j=1}^m C_{nlj}}{\sum_{i=1}^n C_{yc}} \right) \lambda_{nlj} \rightarrow \min. \quad (4)$$

$$\text{где } \lambda_{i\bar{v}ej} = \sum_{j=1}^m \frac{1}{T_{i\bar{v}ej}} \int_0^{T_{i\bar{v}ej}} \omega_j(t) dt; \quad \lambda_j = \sum_{i=1}^n \left(\frac{1}{T_{nli}} \right) \int_0^{T_{nli}} \omega_i(t) dt.$$

Так как изменение параметров каждого функционального устройства, действующего на степень устойчивости преобразователя можно аппроксимировать функцией

$$\omega(t) = a_{ij} \exp(b_{ij}t) \sin \psi_{ij} + C_{ij} \exp(b_{ij}) \cos \psi_{ij}. \quad (5)$$

где $\sin \psi_{ij}$ – параметр, учитывающий взаимную связь настраиваемых параметров K_i и T_i , то (5.17) перепишем в виде

$$z = \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_{nli}} \int a_{ij} \exp(b_{ij}t) \sin \psi_{ij} + C_{ij} \exp(b_{ij}) \cos \psi_{ij} dt + \frac{\sum_{j=1}^m C_{nlj}}{\sum_{i=1}^n C_{yci}} \lambda_{nlj} \quad (6)$$

Известно что, настройка параметров на заданную степень устойчивости в пределах номинальной погрешности оправдан экономичности, если стоимость его удельных затрат на единицу времени меньше чем стоимость от убытков функциональных элементов полной замены выхода преобразователя. Следовательно относительный минимум целевой функции для рассматриваемой задачи необходимо искать при ограничении:

$$\sum_{j=1}^m C_{nlj} \leq \sum_{i=1}^n C_{yci} \quad \text{или} \quad \sum_{j=1}^m C_{nlj} / \sum_{i=1}^n C_{nli} \leq 1; \quad (7)$$

Основываясь на (6) запишем функцию Лагранжа

$$L = \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n \frac{1}{T_{nli}} \int_0^{T_{nli}} (a_{ij} \exp b_{ij}) \sin \psi_{ij} + C_{ij} \exp(b_{ij}t) \cos \psi_{ij} dt + \frac{\sum_{j=1}^m C_{nlj}}{\sum_{i=1}^n C_{yci}} \lambda_{nlj} \quad (8)$$

Для отыскания минимума функции L вычислим её частные производные и приравняем их к нулю:

$$\left. \begin{aligned}
 dL/dT_{n1} &= -\frac{1}{T_{n1}^2} \int_0^{T_{n1}} [a_{11} \exp(b_{11}t) \sin \psi + a_{12} \exp(d_{12}t) \cos \psi] dt + \frac{C_{n1}}{C_{yc1}} + \lambda_1 \\
 dL/dT_{n2} &= -\frac{1}{T_{n2}^2} \int_0^{T_{n2}} [a_{21} \exp(b_{21}t) \sin \psi + a_{21} \exp(d_{21}t) \cos \psi] dt + \frac{C_{n2}}{C_{yc2}} + \lambda_2; \\
 dL/dT_{nn} &= -\frac{1}{T_{nn}^2} \int_0^{T_{nn}} [a_{n1} \exp(b_{n1}t) \sin \psi + C_{n1} \exp(d_{n1}t) \cos \psi] dt + \frac{C_{nn}}{C_{ycn}} + \lambda_n \\
 dL/d\lambda_1 &= \int_0^{T_{n1}} [a_{11} \exp(b_{11}t) \sin \psi + C_{12} \exp(d_{12}t) \cos \psi] dt \\
 dL/d\lambda_2 &= \int_0^{T_{n2}} [a_{21} \exp(b_{21}t) \sin \psi + C_{21} \exp(d_{21}t) \cos \psi] dt \\
 dL/d\lambda_n &= \int_0^{T_{nn}} [a_{n1} \exp(b_{n1}t) \sin \psi + C_{2n} \exp(d_{n1}t) \cos \psi] dt.
 \end{aligned} \right\}$$

(9)

Заключение. Анализом последней системы уравнений можно показать, что оптимальная периодичность настройки по каждому функциональному блоку подчиняется приближенному равенству

$$\begin{aligned}
 k_1 \int_0^{T_{n1}} [a_{11} \exp(b_{11}t) \sin \psi + C_{11} \exp(d_{21}t)] \cos \psi &\approx \\
 \approx k_2 \int_0^{T_{n2}} [a_{21} \exp(b_{21}t) \sin \psi + C_{21} \exp(d_{21}t) \cos \psi] dt &\approx \\
 \approx k_n \int_0^{T_{nn}} [a_{n1} \exp(b_{n1}t) \sin \psi + C_{n1} \exp(d_{n1}t) \cos \psi] dt, & \quad (10)
 \end{aligned}$$

где $k_i (i = 1, 2, \dots, n)$ коэффициенты коррекции, учитывающие основные блоки. Укажем, что при решении этой нелинейной задачи необходимо применить метод Гаусса с помощью программного обеспечения EXCEL 7.0.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Якубов М.С. Мостовые преобразователи параметров комплексного сопротивления объектов железнодорожного транспорта. Т.: «Fan va texnologiya», 2017, 184 с.
2. Патент РУЗ №IAP-04362, 2000г. Преобразователь линейных перемещений / Баратов Р.Ж., Якубов М.С., Суллийев А.Х // Расмий ахборотнома-2000-№3.
3. <https://1cov-edu.ru/differentsialnye-uravneniya/pervogo-poryadka/linejnye/metod-lagranzha/>

LITERATURE:

1. Yakubov M.S. Bridge transducers of parameters of complex resistance of railway transport facilities. T.: "Fan va texnologiya", 2017, 184 p.

2. Patent of the Republic of Uzbekistan No. IAP-04362, 2000 Linear displacement transducer / Baratov R.Zh., Yakubov M.S., Sulliev A.Kh. // Rasmiy akhborotnoma-2000-№3.

3.<https://1cov-edu.ru/differentsialnye-uravneniya/pervogo-poryadka/linejnye/metod-lagranzha/>