

СТАТИЧЕСКИЕ ОПИСАНИЯ ТРЕХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА С УЧЕТОМ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Djurayev Shuxrat Ixtiyorovich

teacher

Karshi Engineering and Economic Institute

Аннотация: В статье анализируются принципы построения преобразователей, преобразующих величину первичных токов при управлении и регулировании реактивной мощности системы электроснабжения в выходной сигнал в виде напряжения. Исследована зависимость появления выходного напряжения от различных параметров распределенного параметрического, трехфазного, трехчувствительного преобразователя.

Ключевые слова: реактивная мощность, подходящий чувствительный элемент, электромагнитный ток, входные обмотки, магнитное сопротивление, первичные обмотки, частота тока.

Обеспечение потребителей качественной электроэнергией зависит от таких параметров, как широкий функционал систем контроля и управления, высокая чувствительность приборов, надежность работы и точность данных. Поэтому особое внимание уделяется разработке и применению элементов первичного измерения и преобразования, принципов их построения, алгоритмов исследования и программного обеспечения, широкого функционального спектра средств измерения и преобразования сигналов. В связи с этим актуально создание и внедрение широкого спектра функциональных типов измерительных и изменяющих элементов контроля и управления реактивной мощностью в системах электроснабжения развитых стран.

Проводится ряд научных исследований, направленных на совершенствование элементов и средств устройств управления и контроля реактивной мощности, а также систем электроснабжения на их основе. В этом направлении одним из основных требований является обеспечение качественных сигналов на устройства контроля и управления о величине и параметрах реактивной мощности электроэнергии. Вот почему важен контроль и управление источниками реактивной мощности в электроснабжении, мониторинг, планирование, планирование и управление различными преобразователями и процессами в их структурах на основе рациональных алгоритмов.

Проанализированы статические характеристики трансформаторов, преобразующих величину первичных токов в выходной сигнал в виде напряжения при управлении и контроле реактивной мощности системы электроснабжения.

Исследована зависимость величины выходного напряжения (сигнала Uechiq) от различных параметров распределенного параметра трехфазного преобразователя с тремя чувствительными элементами [2]. Трехфазный преобразователь с тремя чувствительными элементами и схема преобразования первичных токов во вторичное напряжение будут иметь вид рис. 1.

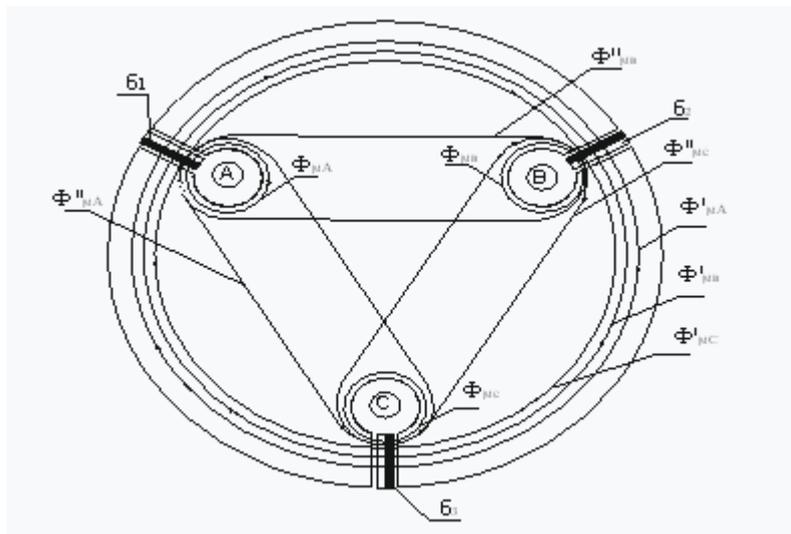


Рис. 1. Трехфазный преобразователь с тремя чувствительными элементами.

В данном случае: $\Phi_{\mu A}$, $\Phi_{\mu B}$, $\Phi_{\mu C}$ – A, B, C - Основные магнитные токи, генерируемые фазными токами электрической сети и пересекающие чувствительный элемент, соответствующий фазе.

$\Phi'_{\mu A}$, $\Phi'_{\mu B}$, $\Phi'_{\mu C}$, $\Phi''_{\mu A}$, $\Phi''_{\mu B}$, $\Phi''_{\mu C}$ - Магнитные токи, создаваемые токами несосновной фазы для чувствительного элемента.

Напряжения (сигналы), генерируемые во вторичной цепи трехфазного трансформатора с тремя чувствительными элементами, выражаются следующими выражениями:

$$U_A = 4.44fW_{1ч} \left(\frac{w_{1k}}{R_{\mu 1\varepsilon} + R_{\mu \delta 1\varepsilon}} I_A + \frac{w_{2k}}{R_{\mu 1\varepsilon} + R_{\mu 2\varepsilon} + R_{\mu \delta 1\varepsilon} + R_{\mu \delta 2\varepsilon}} I_B + \frac{w_{3k}}{R_{\mu 1\varepsilon} + R_{\mu 3\varepsilon} + R_{\mu \delta 1\varepsilon} + R_{\mu \delta 3\varepsilon}} I_C \right);$$

$$U_B = 4.44fW_{2ч} \left(\frac{w_{1k}}{R_{\mu 1\varepsilon} + R_{\mu 2\varepsilon} + R_{\mu \delta 1\varepsilon} + R_{\mu \delta 2\varepsilon}} I_A + \frac{w_{2k}}{R_{\mu 2\varepsilon} + R_{\mu \delta 2\varepsilon}} I_B + \frac{w_{3k}}{R_{\mu 2\varepsilon} + R_{\mu 3\varepsilon} + R_{\mu \delta 2\varepsilon} + R_{\mu \delta 3\varepsilon}} I_C \right);$$

$$U_C = 4.44fW_{3ч} \left(\frac{w_{1k}}{R_{\mu 1\varepsilon} + R_{\mu 3\varepsilon} + R_{\mu \delta 1\varepsilon} + R_{\mu \delta 3\varepsilon}} I_A + \frac{w_{2k}}{R_{\mu 2\varepsilon} + R_{\mu 3\varepsilon} + R_{\mu \delta 2\varepsilon} + R_{\mu \delta 3\varepsilon}} I_B + \frac{w_{3k}}{R_{\mu 3\varepsilon} + R_{\mu \delta 3\varepsilon}} I_C \right);$$

f -частота электрического тока;

$W_{1к}$, $W_{2к}$, $W_{3к}$ – количество обмоток входных катушек;

$W_{1ч}$, $W_{2ч}$, $W_{3ч}$ – количество обмоток катушек чувствительных элементов;

$R_{\mu 1\varepsilon}$, $R_{\mu 2\varepsilon}$, $R_{\mu 3\varepsilon}$, $R_{\mu \delta 1\varepsilon}$, $R_{\mu \delta 2\varepsilon}$, $R_{\mu \delta 3\varepsilon}$, I_A , I_B , I_C - первичные токи $\Phi'_{\mu 1}$, $\Phi'_{\mu 2}$,

магнитопровод и воздушные зазоры $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ магнитное сопротивление пути потока от. Их значения определяются на основе модели распределенных параметров:

$$R_{\mu} = r_{\mu} \cdot L_{\mu} / F = L_{\mu} / \mu F, \quad R_{\mu\delta} = r_{\mu\delta} \cdot \delta / F = \delta / \mu_0 F$$

$r_{\mu}, r_{\mu\delta}$ - материал магнитопровода и относительные магнитные сопротивления (поглощающие способности) воздушных пространств, в которых размещен чувствительный элемент [2].

В данной модели основными переменными являются I_A, I_B, I_C - первичные токи (в диапазоне 1-500 ампер). W_{1k}, W_{2k}, W_{3k} входные катушки количество катушек (1-5) количество катушек, $W_{1ч}, W_{2ч}, W_{3ч}$ - чувствительные элементы (катушки) выходные катушки количество обмоток $W_{1к}, W_{2к}, W_{3к} = (20-200)$ изменение обмотки в диапазоне $R_{\mu 1\Sigma}, R_{\mu 2\Sigma}, R_{\mu 3\Sigma}, R_{\mu\delta 1\Sigma}, R_{\mu\delta 2\Sigma}, R_{\mu\delta 3\Sigma}$ магнитные сопротивления частей изменения L_{μ} , изменялись значения μ, μ_0 , длина зазора, формирующего магнитное сопротивление, и поверхность поперечного сечения F_{μ} , проводились исследования на основе приведенной выше модели [2].

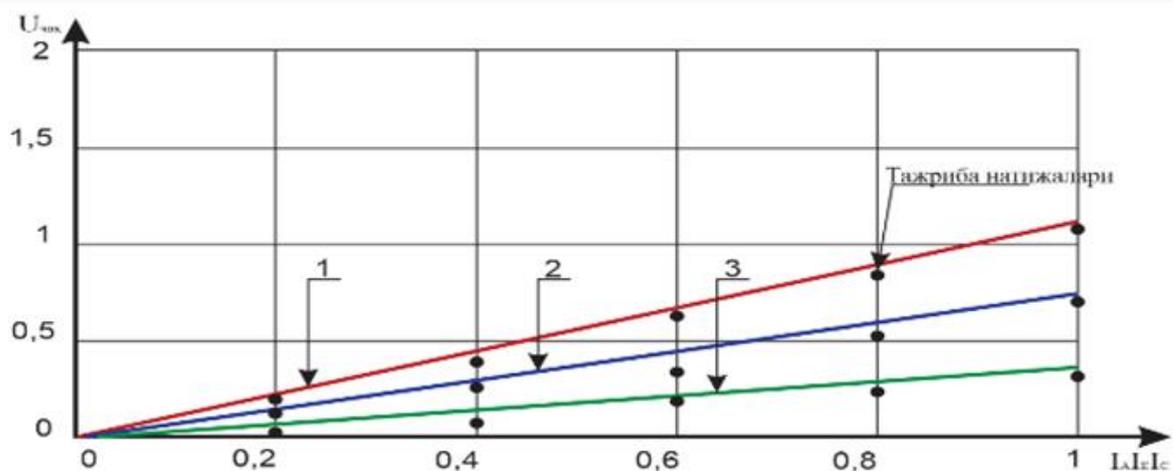


Рис-2. График зависимости величины выходного (Полетного) напряжения преобразователя от количества первичных обмоток.

График зависимости выходного напряжения от количества первичных обмоток для случая, когда количество первичных обмоток преобразователя равно $W_1 = 1(3), W_1 = 2(2), W_1 = 3(1)$, а количество вторичных обмоток равно $W_2 = 100$, приведенное на рис. 2. Здесь первичные токи $I_1 = 0.2-1$ А, частота сети $F = 50$ Гц, активная поверхность чувствительного элемента $F_{кат} = 0.0001$ м², $F_{стал} = 0.0004$ м², $L_{стал. сер.} = 0.05$ м, длина стального сердечника и воздушный зазор $L_x = 0.001$ м.

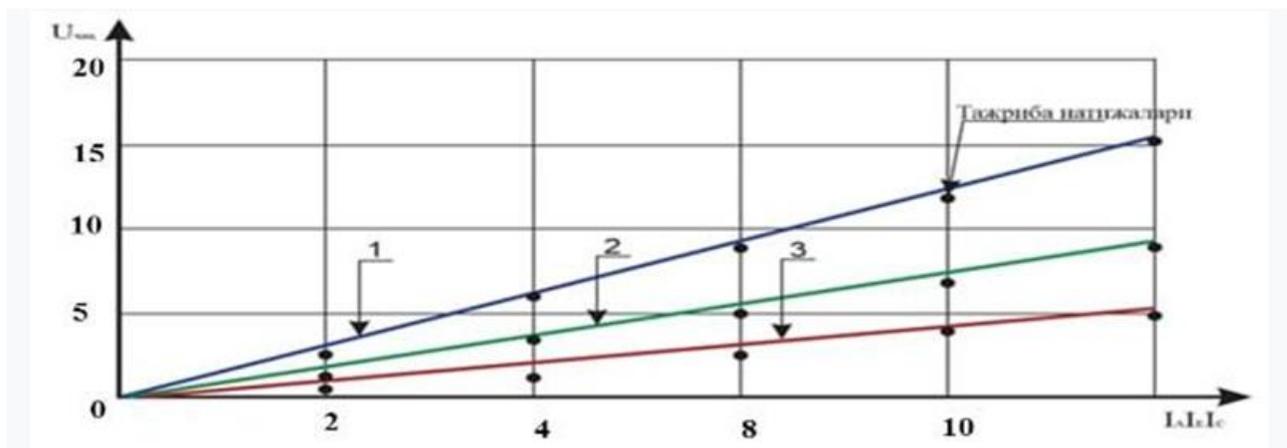


Рис-3. График зависимости выходного (плоского) напряжения от количества первичных обмоток.

При числе первичных обмоток трансформатора, равном $W_1=2(3)$, $W_1=3(2)$, $W_1=5(1)$, а количестве вторичных обмоток $W_2=100$, график Зависимость выходного ($U_{вых}$) напряжения от количества первичных обмоток представлена на рисунке 3. В этом случае первичные токи $I_1=0.2-10$ А, частота сети $F= 50$ Гц, активная поверхность чувствительного элемента $F_{кат}= 0.002$ м², $F_{стал.}=0.004$ м², $L_{стал.сер.}=0.01$ м, длина стального сердечника, воздушный зазор $L_x= 0.001$.

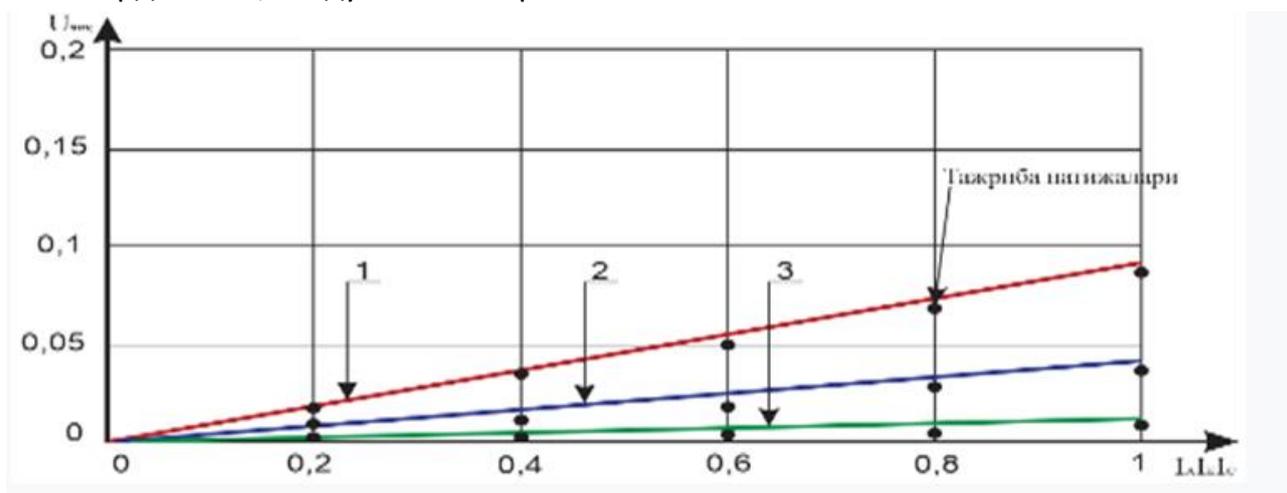


Рис-4. График зависимости выходного напряжения ($U_{вых}$) от различных размеров поверхности стального сердечника ($F_{стал}$) для случая, когда количество первичных обмоток трансформатора равно $W_1= 1$, а количество вторичных обмоток равно до $W_2=200$.

На этом графике (рис. 4) первичные токи $I_1=0.2-1$ А, частота сетевого тока $F= 50$ Гц, активная поверхность чувствительного элемента $F_{кат}= 0.0001$ м², длина стального сердечника $L_{стал.сер.}=0.05$ м, воздушный зазор $L_x= 0.001$ м. Поверхность стального сердечника имеет разные размеры: $F_{стал}=0.0001$ м² (зеленый-1), $F_{стал}=0.0004$ м² (синий-2), $F_{стал}=0.0009$ м² (красный-3).

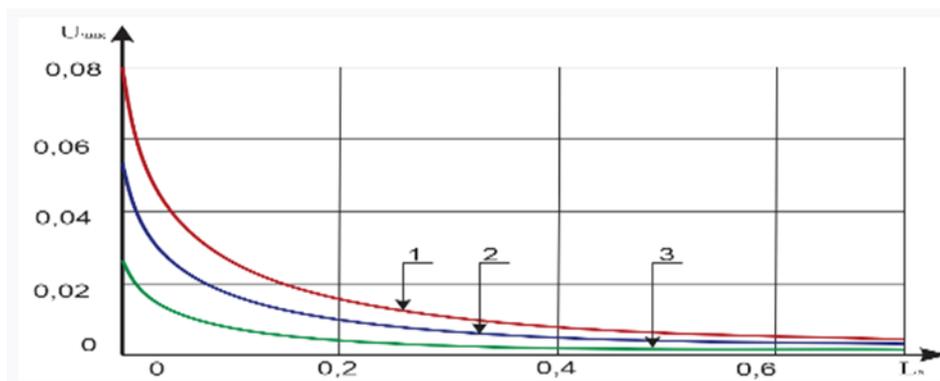


Рис-5. График зависимости выходного ($U_{\text{вых}}$) напряжения преобразователя от размеров воздушного зазора (L_x).

На графике выше (рис. 5) количество первичных катушек $W_1=2$, количество вторичных катушек $W_2=200$, первичные токи $I_1=100$ А (3), $I_1=200$ А (2), $I_1=300$ А (1) описано. При этом частота сети $f=50$ Гц, активная поверхность чувствительного элемента $F_{\text{кат}}=0.0001$ м², активная поверхность стального сердечника $F_{\text{стал}}=0.0004$ м², длина пути магнитного потока стального сердечника $L_{\text{стал.сер.}}=0.05$ м. равны значениям [2].

Согласно графику зависимости выходного напряжения от количества первичных обмоток количество первичных обмоток преобразователя равно $W_1=2(3)$, $W_1=5(2)$, $W_1=3(1)$, случай, когда количество вторичных обмоток равно $W_2=20$ для:

$$\Delta U\% = |U_x - U_t| / U_t \cdot 100\% = |1,08 - 1,05| / 1,05 \cdot 100 = 2.86\%$$

Трехфазные, трехчувствительные элементы, электромагнитные преобразователи ток-напряжение теоретически рассчитаны величины в модели распределенных параметров, по сравнению с величинами, рассчитанными в реальной модели, разница показателей адекватности составляет 2,86%.

Статическое описание преобразователя при переходе от коэффициентов преобразования $K[\Phi_{\mu g}(x), U_{\text{э}2}]$ и $W[\Phi_{\mu}(0), \Phi_{\mu g}]$ к нормальным физическим величинам при управлении источниками реактивной мощности систем электроснабжения выражается в виде следующая форма:

$$U_{\text{э}2} = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot I_{\text{эл}} \cdot w_{\text{ос}} \cdot w_{\text{тис}} \cdot \int_0^{l_{x.o}} \Phi_{\mu g}(x) \cdot dx,$$

f – частота первичного тока; $I_{\text{эл}}$ – значение первичного входного тока;

$w_{\text{СЭ}}$ – количество обмоток чувствительного элемента; $w_{\text{ов}}$ – количество витков первичного элемента; $l_{x.o}$ – высота воздушного зазора; $\Phi_{\mu g}(x)$ – магнитный поток.

Выводы и предложения

По результатам исследования моделей с распределенными параметрами можно сделать вывод, что статические и динамические модели трехфазных трехчувствительных электромагнитных преобразователей тока в напряжение имеют

чувствительные элементы размером $L_x = 0,0003-0,001$ м. при размещении в воздушном зазоре и на поверхностях чувствительных элементов $F_{ст.ал} = 0,002$ м², $F_{ст.ал} = 0,004$ м², длина стального сердечника $L_{ст.ал.сер.} = 0,01$ м. причем стандартное значение выходного напряжения (20 В) обеспечивается при количестве вторичных обмоток $W_2 = 100$.

Из результатов расчета моделей с распределенными параметрами можно сделать вывод, что при увеличении величины воздушного зазора (L_x) значение выходного сигнала в виде напряжения ($U_{вых}$) резко уменьшается, увеличение количества обмоток Количество чувствительных элементов оказывает прямое влияние на изменение величины выходного сигнала, а изменение сечения чувствительных элементов приводит к тому, что выходной сигнал в виде сигнала обеспечивает линейное изменение напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Siddikov I.Kh., Abdulaev A.Kh., Bobojanov M.K. Perfection and development of sensor controls and measuring converters on a basis of information-energetics model//WCIS - 2002. II – World conf. 4-5 June 2002 y. b-QuadratVerlag, Azerbaijan State Oil Academy, Azerbaijan, Baku, 2002. -P.310 -315.
2. Siddikov I.Kh., Nazarov F.D., Gafurov J.F., Gaziev B.A., Khakimov M.Kh. Energy management and energy audit in energy sector of Republic Uzbekistan //Control of power system – 04: Thesis's VI – int. conf. June 16-18 2004. - Slovak Rep., High Taras, Strbske Pleso, 2004. – P.230-235.
3. Siddikov I.Kh. Benefits for the teaching staff of the TashkentStateTechnicalUniversity deriving from their visists in Europe // Energy management. Workshop to the memory of prof. T.Papathecodosiou, 26 April 2001. TEI-A. - Greece, Athens: 2001. - P.120 -123.
4. Siddikov I.Kh., Khakimov M.Kh., Anarbaev M.A. Research of the Electromagnetic transducers of the primary current to secondary voltage // Наука, образование, техника. Межд. научн. журнал, Кыргызско–Узбекский университет, Ош, 2012. - №3,4 (41-42), – С.55-58.
5. Sioshansi, P. Smart Grid, Integrating Renewable, Distributed & Efficient Energy Edited by Fereidoon / P. Sioshansi // Academic Press, 2012. -pp. 568.
6. Schaumburg H. Werkstoffe und Bauelemente der Elektrotechnik. Sensoren. Stuttgart: B.G. Teubner, 1992. -517 p.
7. Салиев Э.А., Анарбоев М.А., Сатторов С.А., Сиддиков И.Х., Хакимов М.Х., Сиддиков О.И. Автоматлашган ҳисоб китоб –энергия ресурслардан фойдаланиш самарадорлигини ошириш шарти // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари // Илмий журнал Тошкент 2013 .-№ 1-2.158 б.

Интернет сайтлари:

8. www.ziyonet.uz

9. www.bilim.uz

10. www.honeywell.com