



# Journal of Academic Research and Trends in Educational Sciences

Journal home page:  
<http://ijournal.uz/index.php/jartes>



---

## RELIABILITY OF THE ELECTROMAGNETIC CONVERTER

Sorimsokov Uchqun Soatboy ugli<sup>1</sup>

*Jizzakh Polytechnic Institute*

---

### KEYWORDS

single-phase current  
transformers,  
magnetic fluxes,  
reliability,  
calculation of the reliability of  
elements,  
linearity of the output  
characteristics

---

### ABSTRACT

Classic single-phase current transformers, Methods for calculating the reliability of elements, Probability of no-failure operation of an electromagnetic converter.

2181-2675/© 2022 in XALQARO TADQIQOT LLC.

DOI: 10.5281/zenodo.6508076

This is an open access article under the Attribution 4.0 International(CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

---

<sup>1</sup> Assistant of the Department of Energy, Jizzakh Polytechnic Institute, Jizzakh, UZB

## НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

### КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

однофазные трансформаторы тока, магнитных потоков, надёжность, расчёта надёжности элементов, линейностью выходных характеристика

### АННОТАЦИЯ

Классические однофазные трансформаторы тока, Методы расчёта надёжности элементов, Вероятность безотказной работы электромагнитный преобразователь.

В настоящее время применение электромагнитных преобразователей для систем управления электрическими величинами с высокой точностью, линейностью выходных характеристик, унифицированными выходными величинами, расширение спектра преобразуемых электрических величин ограничено из-за недостаточного формирования принципов построения, методов расчета и проектирования распределенных магнитных систем преобразователей. Применяемые классические методы исследования магнитных цепей и систем преобразования не обеспечивают необходимую точность, особенно при несимметрии трехфазного первичного тока электрической сети, не обладают достаточной общностью, охватывая только величины и параметры цепей электрической и магнитной природы. Магнитные системы преобразования с нелинейными и неоднородными параметрами в расчетах рассматриваются как объекты с сосредоточенными параметрами [1-3].

Классические однофазные трансформаторы тока имеют сложную преобразовательную часть, большие весогабаритные показатели, трудоемки при проектировании и эксплуатации в системах управления, не обеспечивают унифицированность выходной величины при совместной работе с современной техникой обработки информации. Они не учитывают взаимовлияния магнитных потоков и полей, созданных токами трехфазной электрической сети [3].

Низкая точность анализированных устройств обусловлена рядом недостатков существующих систем преобразования тока, поскольку измерительные комплексы создавались ранее, а также создаются и в настоящее время по типовым проектам, разработанным еще в XX веке, в которых не предусматривались решения для обеспечения высокой точности преобразователями тока и унифицированности выходного сигнала первичных измерительных преобразователей [2].

Комплексный анализ элементов и систем управления источниками электроэнергии и мощности и их режимами, принципов их построения свидетельствует о недостаточной изученности проблемы в области электромагнитного преобразования трехфазных токов системы управления источниками электроэнергии и мощности [2-4].

Целью данной работы является исследование надежной работы узлов и

комплекса устройств электромагнитных преобразователей трехфазного первичного тока электрической сети применяемые в системах управления электроэнергией.

Методы расчёта надёжности элементов и комплекса устройств электромагнитных преобразователей первичного тока находятся в состоянии непрерывного развития. По принципиальным основам расчёты надёжности элементов и комплекса устройств электромагнитных преобразователей первичного тока делятся на элементные (аппаратурные) и функциональные (параметрические) [4].

Рассмотрим электромагнитный преобразователь первичного тока как элемент, условно состоящий из двух последовательно соединенных элементов, в одном из которых могут появляться внезапные отказы, а в другом – постепенные. Внезапные отказы появляются вследствие резкого, внезапного изменения преобразуемых токов под воздействием одного или нескольких случайных факторов внешней среды либо вследствие ошибок работы частей электромагнитный преобразователь первичного. При постепенных отказах наблюдается плавное, постепенное изменение параметра электромагнитный преобразователь первичного в результате износа отдельных частей или всего электромагнитный преобразователь первичного в целом.

Вероятность безотказной работы электромагнитный преобразователь первичного представим произведением вероятностей [3].

$$P_{\text{тр}}(t) = P_{\text{в}}(t) P_{\text{п}}(t), \quad (1)$$

где:  $P_{\text{в}}(t)$  и  $P_{\text{п}}(t)$  — соответственно вероятности безотказной работы электромагнитного преобразователя первичного тока, соответствующих внезапному и постепенному отказу вследствие износа.

Вероятности работоспособных состояний основных узлов электромагнитного преобразователя первичного тока представлены в таблице 1.

Анализируя принцип преобразования ЭМПТН с ПИО составляется таблица возможных работоспособных состояний элементов (табл. 1.), которые позволяют определить элементную надёжность каждого узла электромагнитного преобразователя первичного тока .

Как видно из табл. 1., существует семь возможных работоспособных состояний узлов электромагнитного преобразователя первичного тока. Просуммировав вероятности всех возможных работоспособных состояний узлов, получим вероятность работоспособности электромагнитного преобразователя первичного тока:

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + p_1 p_2 p_3 - p_1 p_2 - p_2 p_3 - p_1 p_3 \quad (2)$$

Вероятность работоспособности основных элементов (первичная обмотка, магнитопровод, ПИО) узлов электромагнитного преобразователя первичного тока соответственно равна:

$$p_1 = 0,97; p_2 = 0,99; p_3 = 0,97.$$

Таблица 1

Вероятности работоспособных состояний основных узлов электромагнитного преобразователя первичного тока

Состояние	Вероятность	Работоспособные узлы электромагнитного преобразователя первичного тока
$C_1$	$P_1 P_2 P_3$	1-Первичная обмотка, 2-магнитопровод, 3-ПИО.
$C_2$	$P_1 P_2 (1-P_3)$	1;2
$C_3$	$P_1 P_3 (1-P_2)$	1;3
$C_4$	$P_2 P_3 (1-P_1)$	2;3
$C_5$	$P_1 (1-P_2)(1-P_3)$	1
$C_6$	$P_2 (1-P_1)(1-P_3)$	2
$C_7$	$P_3 (1-P_1)(1-P_2)$	3

Тогда вероятность работоспособности узлов электромагнитного преобразователя первичного тока:

$$P = 0,97 + 0,99 + 0,97 + 0,97 \cdot 0,99 + 0,97 \cdot 0,99 \cdot 0,97 = 0,98.$$

В основе расчёта функциональной надёжности узлов электромагнитного преобразователя первичного тока лежит анализ преобразования токов трехфазной электрической сети - входного тока  $I_{\text{ЭВХ}}$  в  $U_{\text{ЭВЫХ}}$  - выходное напряжение, выполняемый в узлах электромагнитного преобразователя первичного тока. Функциональная надёжность узлов электромагнитного преобразователя первичного тока рассчитывается в следующей последовательности:

- формируется вид функции  $U_{\text{ЭВЫХ}}$ , т.е. записывается уравнение преобразования  $I_{\text{ЭВХ}}$  в  $U_{\text{ЭВЫХ}}$ , устанавливающее связь между величинами, используемые в конструкциях электромагнитного преобразователя первичного тока [10]:

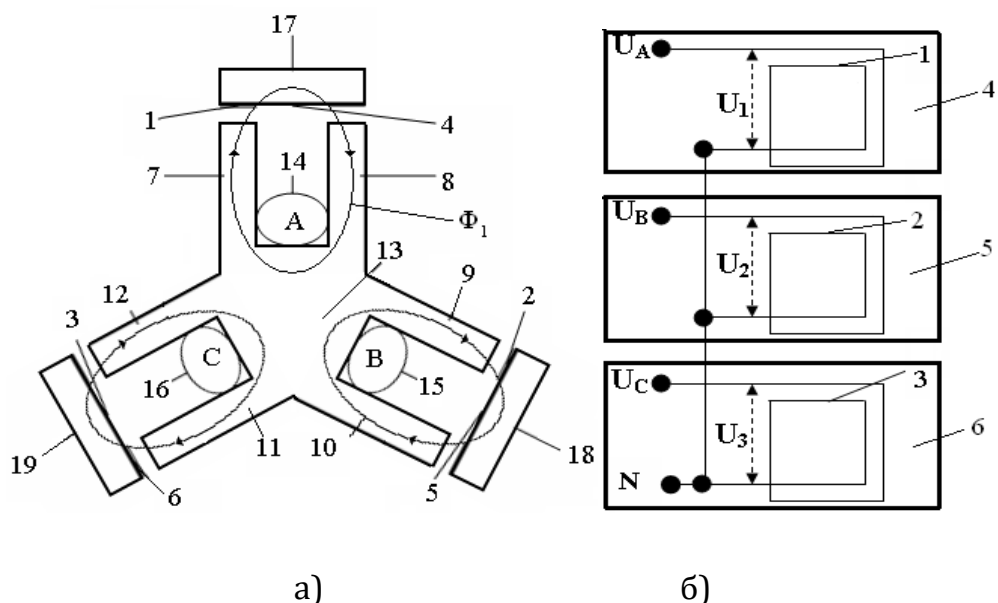
$$U_{\text{ЭВЫХ}} = K_{\mu\text{Э}} T_{\mu} \Pi_{\mu} K_{\text{Э}\mu} T_{\text{ЭВХ}} \Pi_{\text{ЭВХ}} I_{\text{ЭВХ}} \quad (3)$$

- на основании анализа уравнения преобразования  $I_{\text{ЭВХ}}$  в  $U_{\text{ЭВЫХ}}$  составляется структурная схема расчёта надёжности узлов электромагнитного преобразователя первичного тока и рассчитывается надёжность, обусловленная полными отказами элементов узлов электромагнитного преобразователя первичного тока ( $p_1$ ).

Для узлов электромагнитного преобразователя первичного тока анализ уравнения (3), позволил установить, что обрыв первичной обмотки - обмотки возбуждения  $T_{\text{ЭВХ}} \Pi_{\text{ЭВХ}} = 0$ , выход из строя (поломка) магнитопровода  $T_{\mu} \Pi_{\mu} = 0$ , обрыв вторичной измерительной обмотки  $T_{\text{ЭВХ}} \Pi_{\text{ЭВХ}} = 0$ , потери связи магнитопровода с первичным током  $K_{\Phi\mu U_{\text{Э}}} = 0$ ,  $K_{I_{\text{Э}} F_{\mu}} = 0$ , приводит к полному отказу узлов электромагнитного преобразователя первичного тока. С учётом катастрофических отказов  $p=0,98$  суммарная надёжность узлов электромагнитного преобразователя первичного тока составит:

$$P = P_{\text{кат}} P_{\text{пар}} = 0,98 * 0,98 = 0,96$$

Как видно из выполненного расчёта, на величину параметрической надёжности наибольшее влияние оказывает изменение м.д.с.  $F$  и индукции при действии температуры окружающей среды и старения материалов.



а – магнитопровод стержневой трехлучевой звездообразной формы  
б – изоляционные пластинки с ПИО

**Рис.1. Общий вид МФ ЭМП с ПИО**

На рис.1 показан разработанный МФ ЭМПТН с ПИО: на рис.11, а – общий вид преобразователя, на рис. 11, б – изоляционные пластинки с ПИО.

МФ ЭМПТН с ПИО содержит (рис.11) ПИО 1,2 и 3, изоляционные пластинки 4, 5

и 6 , стержня 7, 8, 9, 10, 11 и 12, магнитопровод со стержнями трехлучевой звездообразной формы с общим основанием 13, токопроводы - первичные обмотки 14 (фаза А), 15 (фаза В) и 16 (фаза С) и дополнительные сердечники 17, 18 и 19.

Основные технические данные разработанного МФ ЭМПТН с ПИО:

Номинальное напряжение, кВ	0,38
Наибольшее рабочее напряжение, кВ	0,44
Диапазон преобразований, А	0÷300
Номинальное вторичное напряжение, В	20
Количество витков первичной обмотки,	1
Количество витков вторичной обмотки (ПИО),	4÷8
Номинальная вторичная нагрузка, мА	100
Номинальная частота переменного тока, Гц	50
Статическая характеристика линейная	
Основная приведенная погрешность, %	±0,5
Габариты, см	44×44×12
Масса, кг	Не более 0,5

Суммарная надёжность МФ ЭМПТН с ПИО составляет

$$P = P_{\text{кат}} P_{\text{пар}} = 0.98 \times 0.98 = 0.96,$$

где:  $P_{\text{кат}}$  – катастрофическая надёжность,  $P_{\text{пар}}$  – параметрическая надёжность.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Абакумов А.А. Преобразователи магнитных полей для систем управления.: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. –Уфа: УАИ, 1991. -19 с.
2. Азимов Р.К.. Сиддиков И.Х...Шипулин Ю.Г. Анализ основных характеристик электромагнитных преобразователей с плоскими обмотками на основе графовых моделей // Известия ВУЗов «Электромеханика». – Москва, 1991. - №.5 – С. 58-60.
3. Зарипов М.Ф., Петрова И.Ю. Предметно-ориентированная среда для поиска новых технических решений «Интеллект»// IV Санкт-Петербургская международная конф. «РИ-95»: Тез. докл. – Спб., 1995. – С. 60-61.
4. Сиддиков И.Х. Электромагнитные преобразователи тока в напряжение с плоскими измерительными обмотками. Монография. – Ташкент, ТашГТУ, 2012. – 106 с.