

*Назаров Ф.Д., т.ф.н.
старший преподаватель
кафедра “Энергетика и электротехника”*

ДжизПИ

ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

Аннотация. В статье приведены результаты аналитических исследований статических и динамических характеристик электромагнитных преобразователей тока трехфазной электрической сети источников реактивной мощности, построенные на основе плоской измерительной обмоткой.

Ключевые слова: ферромагнитный сердечник, математическое моделирование, характеристика управления, вольт-амперная характеристика

Nazarov F.D., PhD

Senior Lecturer

Department of «Energy and electrical technology”

Djizakh polytechnical Institute

STUDY OF RELIABILITY OF ELECTROMAGNETIC CONVERTER

Abstract: In article given results of the analytical research of static's and dynamics characteristics of the electromagnetic converters of the current three-phase electric network of reactive power, constructed on base of the flat measuring windings.

Key words: ferromagnetic core, mathematical modeling, control characteristic, current-voltage characteristic.

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.

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. 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.

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).

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.

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

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 надежность 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
1	C ₁	P ₁ P ₂ , P ₃	1-Первичная обмотка, 2-магнитопровод, 3-ПНО.
2	C ₂	P ₁ P ₂ (1-P ₃)	1;2
3	C ₃	P ₁ P ₃ (1-P ₂)	1;3
4	C ₄	P ₂ P ₃ (1-P ₁)	2;3
5	C ₅	P ₁ (1-P ₂)(1-P ₃)	1

Тогда вероятность работоспособности узлов электромагнитного преобразователя первичного тока:

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

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 узлов 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]:

$$U_{\text{ЭВЫХ}} = K_{\text{цз}} T_{\text{ц}} \Pi_{\text{ц}} K_{\text{эц}} T_{\text{ЭВХ}} \Pi_{\text{ЭВХ}} I_{\text{ЭВХ}} \quad (3)$$

- 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 $T_{\text{эвх}} \cdot P_{\text{эвх}}=0$, выход из строя (поломка) магнитопровода $T_{\mu} P_{\mu}=0$, обрыв вторичной измерительной обмотки $T_{\text{эвх}} \cdot P_{\text{эвх}}=0$, потери связи магнитопровода с первичным током $K_{\text{Ф}\mu\text{У}\omega} = 0$, $K_{\text{I}\omega\text{F}\mu} = 0$, приводит к полному отказу узлов электромагнитного преобразователя первичного тока. С учётом катастрофических отказов $p=0,98$ суммарная надёжность узлов электромагнитного преобразователя первичного тока составит:

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

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.

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.

Использованные источники:

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 напряжении с плоскими измерительными обмотками. Монография. –

Ташкент, ТашГТУ, 2012. – 106 с.