

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ, РАБОТАЮЩИЕ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТИВНОГО ЭФФЕКТА МАГНИТОМОДУЛЯЦИИ

Куденов И.Г

Айтбаев Т.А

Шарибаев А.Д

Кушманов Э.М

Каракалпакский государственный университет.

<https://doi.org/10.5281/zenodo.12594245>

Аннотация. В статье рассмотрены обмотки преобразователя, преобразующие постоянный ток в переменный, магнитопровод, на котором расположены катушки возбуждения, измерительные катушки и сигнальные катушки, измерительная и сигнальная катушки вставлены между двумя кольцеобразными магнитопроводами. В устройстве магнитопровод выполнен в виде двух С-образных параллельных секций, соединенных друг с другом двумя ферромагнитными соединительными элементами, снабженными модулирующей и выходной цепями. Рассмотрена задача расширения диапазона преобразуемых токов и упрощения конструкции устройства.

Ключевые слова: Переменный ток, магнитомодулированные большие токи электромагнитного трансформатора, токоведущая шина, С-образные секции, ферромагнетик, магнитный поток.

ELECTROMAGNETIC CONVERTERS WORKING BASED ON THE EFFECTIVE EFFECT OF MAGNETOMODULATION

Abstract. The article discusses the converter windings that convert direct current into alternating current, the magnetic circuit on which the excitation coils, measuring coils and signal coils are located, the measuring and signal coils are inserted between two ring-shaped magnetic circuits. In the device, the magnetic circuit is made in the form of two C-shaped parallel sections connected to each other by two ferromagnetic connecting elements equipped with modulating and output circuits. The problem of expanding the range of converted currents and simplifying the design of the device is considered.

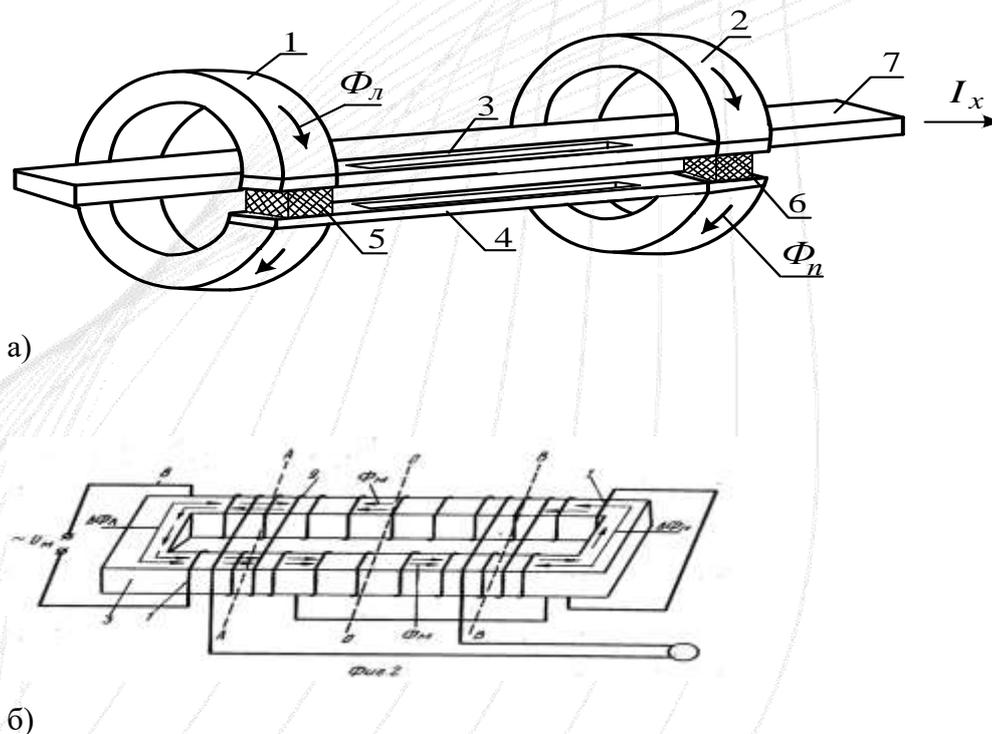
Key words: Alternating current, magnetically modulated high currents of an electromagnetic transformer, current-carrying busbar, C-shaped sections, ferromagnet, magnetic flux.

Известен преобразователь, преобразующий постоянный ток в переменный, имеет магнитопровод, на котором расположены катушки возбуждения, измерительная и сигнальная катушки, а измерительная и сигнальная катушки вставлены между магнитопроводом в виде двух кольца [62]. Но этот трансформатор не пригоден для изменения постоянного тока на переменное напряжение без отключения токопроводящих частей, степень насыщения сердечников не позволяет расширить диапазон изменяемых токов, а сложность конструкции вызывает трудности в его подготовка.

Задача — расширить диапазон преобразуемых токов и упростить конструкцию устройства.

Поставленная цель достигается тем, что в устройстве магнитопровод выполнен в виде двух параллельных С-образных участков, соединенных друг с другом двумя ферромагнитными соединительными элементами, снабженными модулирующей и выходной катушками, соединительные элементы выполнены с прямоугольными срезами, в которых модулирующие катушки ровные, соединительные расположены на каждом стержне элемента, а выходные патрубки охватывают оба стержня соединительного элемента одновременно и расположены по краям его сечения.

На рис. 1.1, а изображена магнитная система сильноточного электромагнитного преобразователя с магнитомодуляцией (МС СЭПМ), а на рис. 1.1, б показано расположение модулятора и выходных катушек в ферромагнитном элементе связи.



1.1-рис. МС СЭПМ: а) – магнитная система токоведущих шин; б) - расположение

модулирующих и выходных цепей в ферромагнитном соединительном элементе

Выключатель состоит из магнитопровода, выполненного из двух параллельных S-образных участков 1 и 2, которые соединены ферромагнитными соединительными элементами 3 и 4, выполненными прямоугольного сечения, а параллельность соединительных элементов выполнена из выводов 5 и 6. Изготовленная из изоляционного материала, токоведущая шина 7, модулирующая катушка 8, расположенная одновременно на каждом стержне соединительного элемента, удерживается посредством измерительного стержня 9, охватывающего оба стержня соединительного элемента в то же время и располагается по краям его поперечного сечения.

Если по токоведущей шине 7 пропустить измеряемый постоянный ток, то в левом и правом S-образных магнитопроводах возникают магнитные потоки с наибольшей величиной на сечениях А-А и В-В, направленные противоположно друг другу (снежный рис. 1.1, а) (здесь же расположены выходные катушки 9 и 10) (ср. рис. 1.1, б), а в середине соединительных элементов 3 и 4 за счет выхода магнитного потока через воздушный зазор сжимаются. В S-образных магнитопроводах и в центральной части соединительных элементов (сечение О-О) эти магнитные токи равны между собой ($\Phi_{л} = \Phi_{п}$). Направления этих различных токов показаны на рис. 1.1, б. Они равны по величине ($\Delta\Phi_{л} = \Delta\Phi_{п}$), поскольку и на пути токов, как в магнитопроводе, так и в воздушном зазоре, имеется одинаковое магнитное сопротивление. $\Phi_{л}$, $\Phi_{п}$, $\Delta\Phi_{л}$ и $\Delta\Phi_{п}$ от токов в выходной цепи 9 преобразователя (цепь 9 состоит из двух частей, расположенных на участках А-А и В-В и соединенных последовательно) возникает равная

$$E_{\text{вых}} = KI_x,$$

где: – К коэффициент преобразования трансформатора тока, который определяется количеством витков выходной обмотки.

Трансформатор тока может использоваться для изменения переменного тока в выключенном состоянии ($U_{\text{мод}} = 0$) модулирующего источника напряжения (по принципу действия измерительного трансформатора тока).

Недостатком данного трансформатора тока является сравнительно низкий уровень чувствительности. Другая конструкция МС СЭПМ была разработана с целью повышения ее чувствительности. [62].

Однако из-за ограниченного размера сечения соединительных элементов СЭПМ, описанных выше, он не позволяет получить на выходе сигнал достаточной мощности при

одновременном подключении устройств РЗА, автоматики и измерительных приборов. что ограничивает его функциональные возможности.

Задача — расширить функциональные возможности преобразователя, уменьшить его массу, повысить точность изменения постоянного и переменного токов при значениях предельно допустимых параметров нагрузки.

Эта задача решается в трансформаторе тока с шиной, где два С-образных параллельных участка магнитопровода совмещаются с двумя ферромагнитными соединительными элементами, имеющими поперечные сечения под прямым углом друг к другу, а С-образные участки магнитопровода проводники также по профилю являются ферромагнитными соединительными элементами, а также с прямоугольным сечением (со стержнем в виде пары), причем модулирующие катушки равномерно размещены в каждой паре С-образных участков и соединительный элемент, а выходные катушки выполнены с возможностью охвата пар С-образных секций и соединительного элемента одновременно.

На рис. 2 представлена конструктивная схема трансформатора тока; На рис. 1.3 показано расположение модулирующих и выходных катушек в соединительном элементе (а) управляемых пар, и в С-образных участках магнитопровода (б).

Трансформатор тока состоит из двух С-образных участков 1 и 2 (в виде стержневой пары) (см. рис. 1.2) магнитопровода, расположенных параллельно, разрезанных по профилю, прямоугольных участков (в форме стержневой пары), соединенных между собой двумя ферромагнитными соединительными элементами 3 и 4), параллельность которых поддерживается посредством штырей 5 и 6, выполненных из изоляционного материала, токоведущей шины 7, модулирующей катушки 8, С-образные секции и соединительные элементы расположены равномерно на каждой паре стержней соединительного элемента, одновременно две С-образные секции и соединительная состоит из трёх измерительных (выходных) цепей 9, 10, 11, охватывающих пары проводов. элемента.

В один из ферромагнитных соединительных элементов с прямоугольным сечением (в виде пары стержней) модулирующая катушка 8, включенная последовательно, имеет две образующие катушки, на которые подается переменное напряжение U_m , и создает модулирующий переменный магнитный поток F_m , 3 намотан равномерно (1,2 - см. рисунок.),

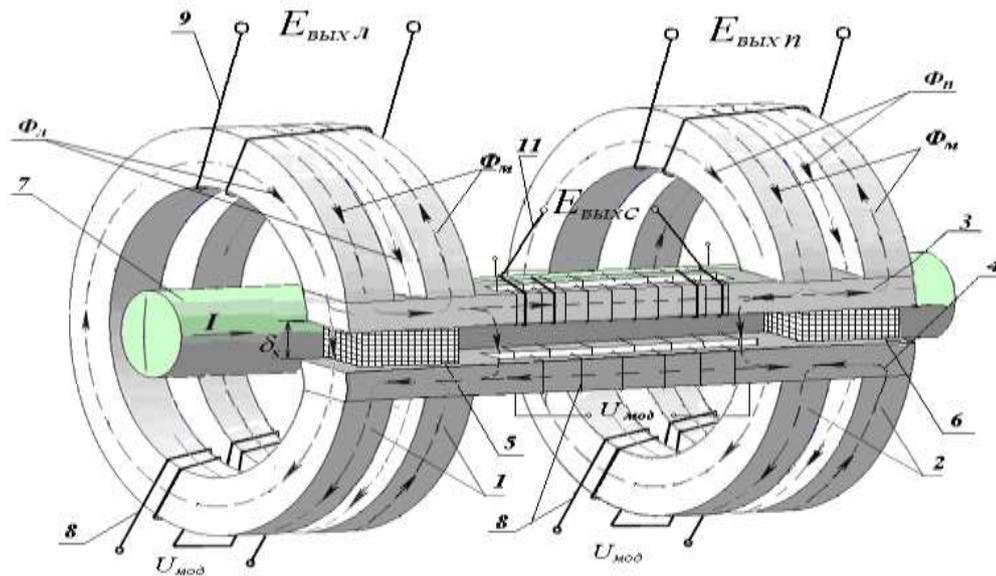


Рисунок 1.2. Конструктивная схема разработанного СЭПМ.

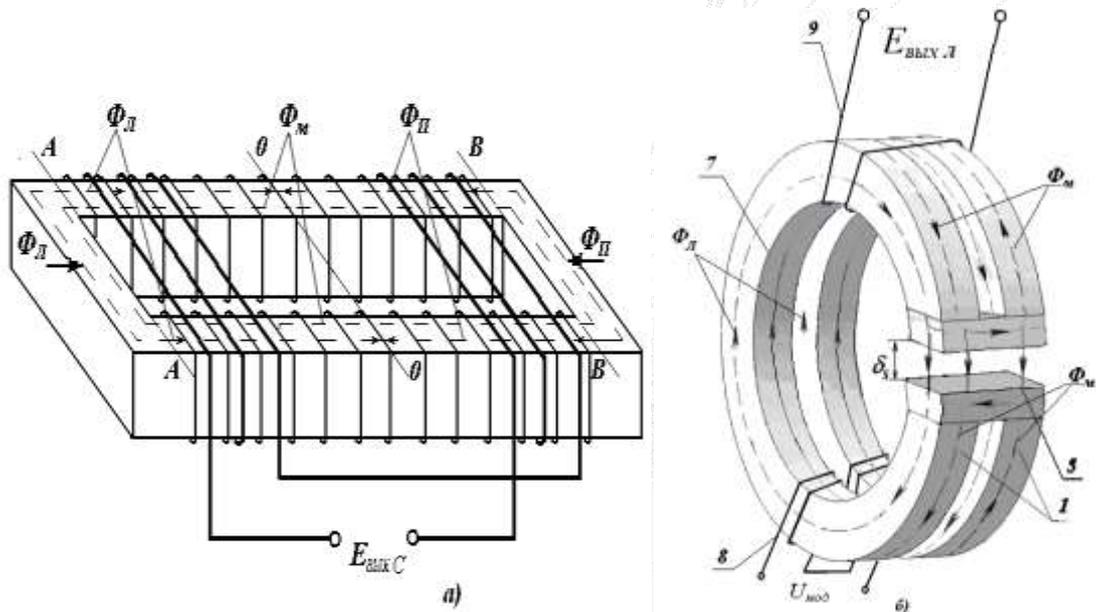


Рисунок 1.3. Расположение соединительных элементов модулирующей и измерительной катушек в звездных парах (а) и на S-образных участках магнитопровода (б) ее изменение во времени от каждой из составляющих катушек одинаково и противоположно по направлению, поэтому на выходе выходной катушки 11 ЭДС не возникает.

Тот же процесс наблюдается и в двух С-образных магнитопроводах 1 и 2 с поперечным сечением по профилю (типы их никс с модулирующей катушкой 8 и выходной катушкой 9 показаны на рис. 1.3, б).

В этом устройстве две С-образные секции 1 и 2 и модулирующая катушка 3 соединительного элемента 8 питаются от одного источника переменного напряжения (на

рисунке не показан), причем количество их обмоток отличается друг от друга в зависимости от линейные размеры стержней. Но это не меняет характера описанного выше процесса модуляции, поскольку теперь он происходит в парах С-образных стержней, отличающихся только формой преобразователя.

Трансформатор тока работает следующим образом. Если по токоведущей шине 7 пропустить измеряемый постоянный ток (см. рис. 1.2), то в левом и правом С-образных магнитопроводах генерируются противоположно направленные магнитные токи с максимальными значениями на участках А-А и В-В. (здесь же расположены выходные катушки 9 и 10), а в сечении О-О посередине соединительных элементов 3 и 4 - он уменьшается за счет протекания магнитного потока через воздушный зазор. В центральной части (сечение О-О) С-образных магнитопроводов и соединительных элементов эти магнитные токи равны между собой ($\Phi_{л} = \Phi_{п}$). Выходная цепь включает 11 пар стержней на двух концах участка, где имеются разности токов: $\Phi_{л} - \Phi_{п} = \Delta\Phi_{п}$ (раздел В-В). Эти различные направления потока показаны на рис. 1.1, а; они равны между собой по величине $\Delta\Phi_{л} = \Delta\Phi_{п}$, так как на пути токов $\Phi_{л}$ и $\Phi_{п}$ имеется одинаковое магнитное сопротивление как в магнитопроводе, так и в воздушном зазоре.

От токов ($\Phi_{л}$, $\Phi_{п}$, $\Delta\Phi_{л}$ и $\Delta\Phi_{п}$) в выходных цепях 9, 10, 11 (цепь 11 состоит из двух частей, расположенных на участках А-А и В-В и соединенных между собой последовательно) ЭДС, пропорциональных большому току, изменяемому в преобразователе формируются.

Преобразователь тока с отключенным источником модулирующего напряжения ($U_{\text{мод}} = 0$) можно использовать для изменения переменного тока (согласно принципу действия измерительного трансформатора тока).

Расширение функциональных возможностей достигается тем, что конструкция представленного преобразователя позволяет использовать три выходные цепи практически без взаимных магнитоиндуктивных связей (зависимостей) для измерения как постоянного, так и переменного тока, а также для подключения его к измерительным, релейной защиты и автоматических цепей.

Отсутствие магнитоиндуктивных связей (соединений) между выходными цепями снижает погрешность переключения, возникающую при превышении предельно допустимых значений параметров нагрузки, поскольку наличие магнитоиндуктивных связей (соединений) между выходными цепи, третьи измерительные цепи, релейная защита

и увеличение автоматической нагрузки, несомненно, при других цепях привели бы к изменению величины взаимных индуктивностей, а значит, и к изменению выходного сигнала (ЭДС), то есть к увеличению погрешности преобразования измерительного прибора в целом.

Кроме того, выполнение разрезов в двух С-образных участках магнитопровода позволяет снизить его вес.

Если требуется выходной сигнал в унифицированном виде, можно предусмотреть подключение определенных электронных (выпрямительных) цепей к выходным клеммам преобразователя в обоих видах преобразования.

Анализ конструктивных характеристик и режимов работы разработанных и описанных МС СЭПМ показывает, что данное устройство, предназначенное для преобразования тока в напряжение, полностью соответствует требованиям систем управления устройствами электропитания [57]. Поэтому более полно и углубленно теоретически и экспериментально это устройство будет изучено позже.

REFERENCES

1. А.М. Сафаров, С.С. Халиков, И.Г. Куденов. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В МАГНИТОПРОВОДАХ ШИРОКОДИАПАЗОННОГО ТРАНСФОРМАТОРА ТОКА. Сборник конференции - Ресурсосберегающие технологий на транспорте, 2023.38-42стр
2. Кенесбаев Ринат Кеўлимжай улы Куденов Интизам Гафур улы. АСИНХРОН МОТОРНИНГ ИССИҚЛИГИНИ ҲИСОБЛАШ. ILM – FAN TA'LIMDA INNOVATSION YONDASHUVLAR, MUAMMOLAR, TAKLIF VA YECHIMLAR.
3. Abdurauf Safarov; Khurshid Sattarov ; Intizam Kudenov; Mirabbos Karimov. Ways to increase the sensitivity of electromagnetic current converters. AIP Conf. Proc. 3152, 030010 (2024).
4. E.V. Saitov^{1, a)}, Sh. Kodirov¹, B.M. Kamanov², N. Imomkulov³, and I. Kudenov². Increasing the Efficiency of Autonomous Solar Photovoltaic Installations for Power Supply of Agricultural Consumers. AIP Conference Proceedings 2432, 040036 (2022)
5. .f.f.d. (PhD) dots. Yuldashev Azimjon Aytmuratovich Navoiy davlat konchilik va texnologiya universiteti huzuridagi Nukus konchilik instituti, Qoraqalpog'iston, Nukus shahri azimjon.yuldashev.90@bk.ru Kudenov Intizam Gafur-uli Qoraqalpoq davlat universiteti, Qoraqalpog'iston, Nukus shahri ikudenov@list.ru Muxammeddinova Umida Onalbaevna. SANOAT KORXONALARINING ELEKTR TA'MINOTI TIZIMI

PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISHDA JAHON TAJRIBALARINING
USLUBIY TAMOYILLARINI ISHLAB CHIQISH.

6. E. Saitov1* , I. Kudenov2 , F. Qodirova3 , D. Askarov4 , and M. Sultonova. Analysis of the performance and economic parameters of different types of solar panels taking into account degradation processes. E3S Web of Conferences 383, 04059 (2023)
7. R.K Kenesbaev, I.G Kudenov, R.V Bardashev. APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN PROCESS RESEARCH AND DESIGN OF FLOW PARTS OF STEAM TURBINES. Modern Science and Research. 2023/5/29