

УДК 621.314

Савченко Н.П.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Третьяк А.В.

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

Шевченко С.Ю.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»

МАХОВИК ПЕРЕМЕННОГО МОМЕНТА ИНЕРЦИИ С ДИСБАЛАНСНЫМИ ГРУЗАМИ

В статье проанализированы конструкции маховиков с переменным моментом инерции для использования в составе кинетического энергонакопителя с целью регулирования нагрузки в электрических сетях 0,4 кВ. Разработана новая конструкция маховика с переменным моментом инерции и усовершенствованными параметрами работы за счет включения в конструкцию дисбалансных грузов.

Ключевые слова: маховик, момент инерции, дисбалансный груз, кинетический энергонакопитель.

Постановка проблемы. Известно большое количество маховиков различной конструкции, соответственно и области их применения разнообразны. С недавнего времени маховики стали широко применять в энергетике в качестве аккумуляторов энергии для регулирования нагрузки в электрических цепях как высокого, так и низкого напряжения.

По большей части имеющиеся конструкции механических маховиков разработаны для использования в приводах различных машин и автомобилей, для аккумуляции больших мощностей в энергетике используют супермаховики.

При применении маховиков в составе кинетического энергонакопителя (далее – КЭН) небольшой мощности для хранения энергии, регулирования и симметрирования нагрузки общественных зданий [1, с. 70], основными параметрами являются простота конструкции, надежность, долговечность и невысокая стоимость, при этом необходимо свести к минимуму процесс биения маховика при вращении, вызванного центробежной силой. Процесс балансировки возможно выполнить различными способами, но, как правило, они являются дорогостоящими. Одним из сравнительно легко реализуемых и эффективных способов является введение в конструкцию маховика дисбалансных грузов.

Анализ последних исследований и публикаций. Разработки конструкций механических маховиков с переменным моментом инерции приведены в научных трудах А.В. Ильченко, А.А. Войны, Г.Г. Смердова, С.В. Елисеева и др. [2–5], конструкция с дисбалансными грузами рассмотрена в работе С.В. Щитова, В.А. Сенникова и др. [6].

Постановка задачи. Целью данного исследования является разработка простой и эффективной конструкции маховика КЭН небольшой мощности, применяемого для регулирования и симметрирования нагрузки общественного здания.

Изложение основного материала исследования. Выполним анализ известных конструкций маховиков с переменным моментом инерции и целесообразность их применения в КЭН для регулирования и симметрирования нагрузки здания.

Для понимания целесообразности применения той или иной конструкции маховика на рис. 1 приведена упрощенная схема КЭН для регулирования нагрузки здания, полное описание которой находится в [1 с. 71].

В [3, с. 1] приведена конструкция маховика переменного момента инерции, содержащая вал, на котором жестко закреплен трехлучевой кронштейн и установлена с помощью подшипников

центральная шестерня. На концах кронштейна закреплены соосно маховичные секторы, позволяющие накапливать кинетическую энергию, и зубчатые секторы, жестко соединенные с маховичными секторами. Зубчатые секторы находятся в зубчатом зацеплении с центральной шестерней. Накопитель потенциальной энергии выполнен в виде пружины, навитой вокруг вала в полости, образованной валом и центральной шестерней. Концы пружины соединены с центральной шестерней и трехлучевым кронштейном. Основное применение данной конструкции – в приводах различных машин (например, автомобилей) с целью уменьшения расхода топлива за счет рекуперации энергии торможения и поддержания частоты вращения вала двигателя в заданном диапазоне. Конструкция маховика приведена на рис. 2.

Применение его в составе КЭН нецелесообразно, так как он имеет сложную конструкцию, что приведет к большим потерям мощности в элементах маховика и низкому КПД.

В [4, с. 1] приведена конструкция маховика, которая содержит массивный обод, являющийся связующим звеном для полумуфт, размещенных на валах электродвигателя и начального звена механизма. Массивные ползуны выполнены с возможностью перемещения в радиальных пазах обода и образуют с ним поступательные кинематические пары. Спицы образуют вращательные кинематические пары в соединениях с полумуфтами и ползунами. Достигаются регулирование величины момента инерции в процессе работы маховика и снижение величины пускового момента. Конструкция маховика приведена на рис. 3.

Применение его в составе КЭН нецелесообразно, так как он имеет большие потери на трение в кинематических парах ползунов в радиальных пазах обода, а также низкую точность балансировки.

В [5, с. 1] маховик содержит закрепленный на валу корпус, внутри которого имеются радиально перемещающиеся элементы. Ступица

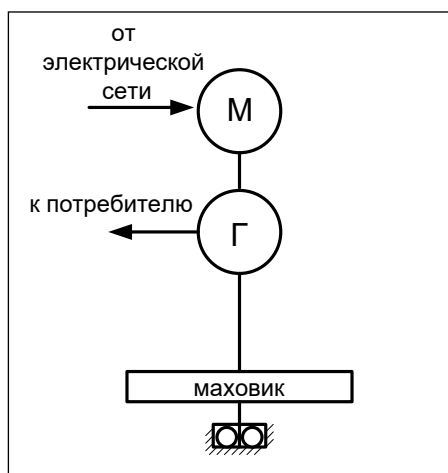


Рис. 1. Структурная схема КЭН: М – электродвигатель, Г – генератор

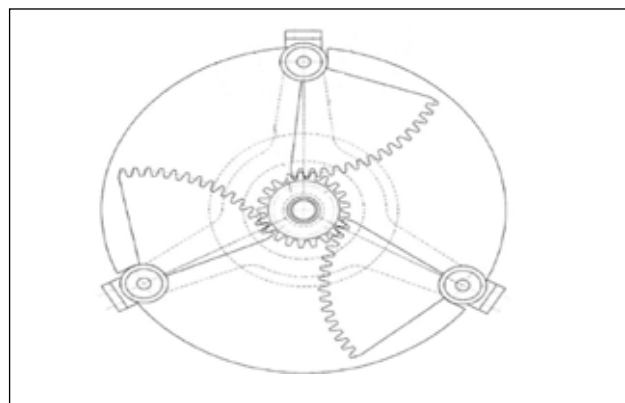


Рис. 2. Конструкция маховика с трехлучевым кронштейном

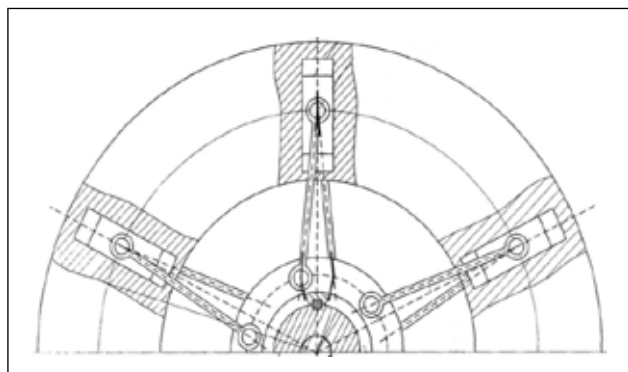


Рис. 3. Конструкция маховика с массивными ползунами

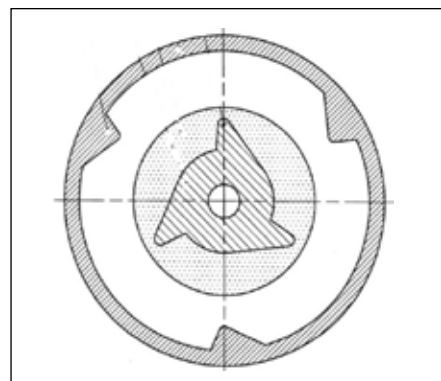


Рис. 4. Конструкция маховика с радиально перемещающимися элементами

маховика выполнена из материала, обладающего свойствами магнита, а полый корпус с ободом – из материала, не обладающего свойствами магнита. Полый корпус частично заполнен сыпучим материалом, взаимодействующим с магнитом, например, стальными шариками или чугунной стружкой. На внешней образующей поверхности ступицы и внутренней образующей поверхности обода внутри корпуса маховика имеются выступы. Передняя и задняя поверхности этих выступов выполнены с различными углами наклона. Изобретение позволяет уменьшить массу маховика, уменьшить энергозатраты в начальный период вращения

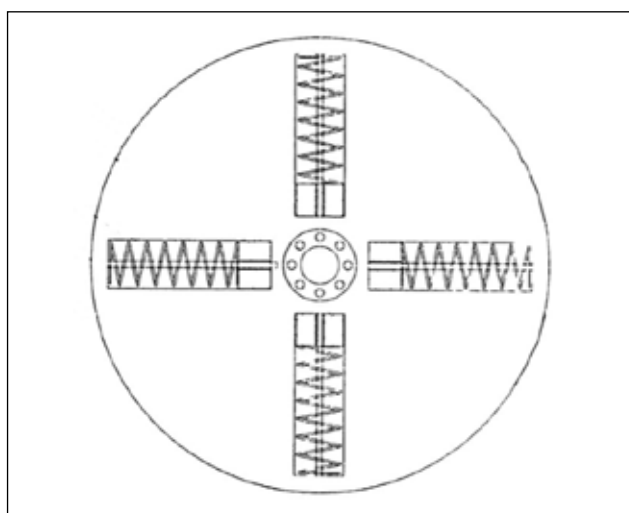


Рис. 5. Конструкция диска-маховика с дисбалансными грузами

маховика и повысить плавность вращения в рабочем режиме. Конструкция маховика приведена на рис. 4.

Применение его в составе КЭН не целесообразно, так как он ограничивает процесс регулировки нагрузки из-за малого момента инерции.

В [6, с. 1] диск-маховик с центральным крепежным отверстием содержит направляющие, на которых установлены подвижные дисбалансные грузы. Эти грузы поджаты возвратными винтовыми пружинами. Техническим результатом является преодоление кратковременных нагрузок на двигатель и трансмиссию трактора, увеличение их эксплуатационной долговечности, снижение общего расхода топлива за счет установки регулятора маховикового типа с изменяемым моментом инерции, простота его конструкции и изготовления, снижение количества задействованных узлов и деталей, высокая надежность, удобство в установке, обслуживании и эксплуатации. Устанавливается на колесные тракторы с задним приводом вала отбора мощности, аккумулирующим механическую энергию вращения и передвижения грузов в целях преодоления кратковременных нагрузок на двигатель и трансмиссию. Конструкция маховика приведена на рис. 5.

Применение в составе КЭН целесообразно. Данная конструкция является прототипом предлагаемой ниже новой конструкции с улучшенными параметрами балансировки маховика.

Разработанный маховик, приведенный на рис. 6, конструктивно состоит из толстостен-

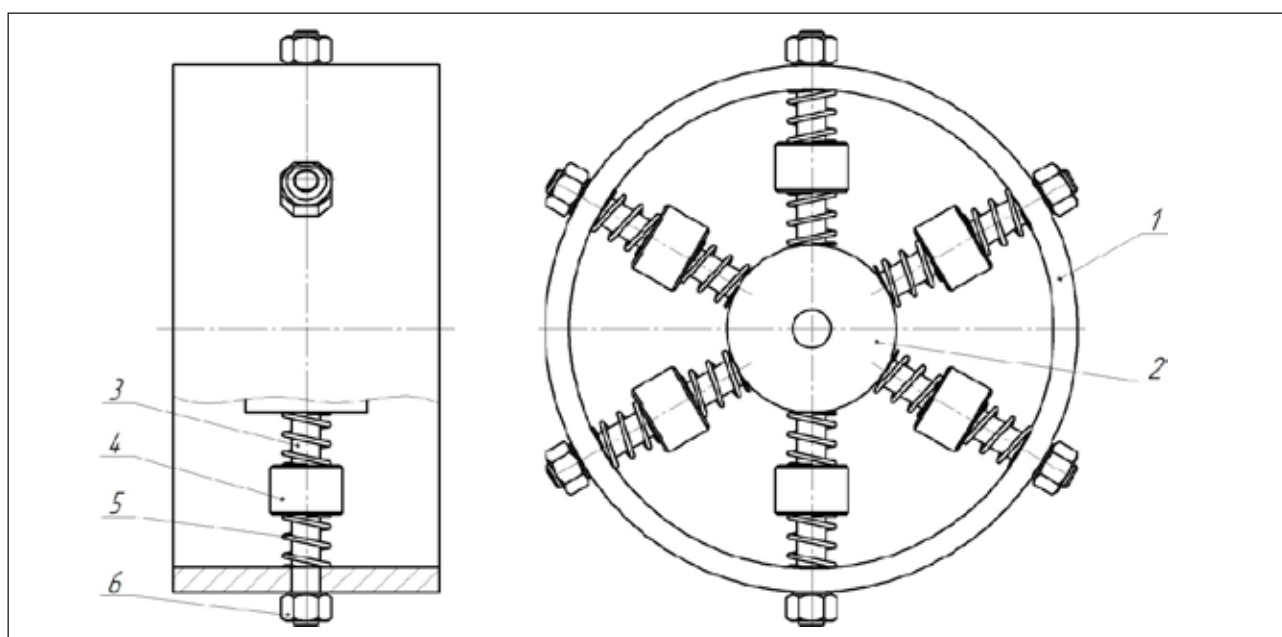


Рис. 6. Разработанная конструкция маховика

ного обода 1, центральной втулки 2, которые соединены между собой с помощью шпилек 3, на которых расположены дисбалансные грузы 4, поджимаемые пружинами 5 с обеих сторон. Такая конструкция дисбалансных грузов позволяет точно балансировать маховик во время его работы и при этом уменьшать энергозатраты при запуске маховика за счет создания переменного момента инерции. Гайками 6 обеспечивается центрирование обода маховика относительно центральной втулки.

Разработанная конструкция маховика проста в изготовлении и может быть рекомендована для применения в составе КЭН небольшой мощности с целью регулирования и симметрирования нагрузки общественного здания, так как она имеет улучшенные параметры по сравнению с конструкцией-прототипом.

Выводы. Разработана новая конструкция маховика КЭН небольшой мощности, применяемого для регулирования и симметрирования нагрузки общественного здания. Данная конструкция обладает следующими преимуществами:

- уменьшенные энергозатраты в начальный период вращения маховика и повышенная плавность вращения в рабочем режиме;
- снижение количества задействованных узлов;
- высокая надежность и долговечность работы, связанная с простотой конструкции;
- точная и конструктивно простая балансировка за счет применения дисбалансных грузов;
- аккумулирует большее количество энергии и обладает большим временем разряда при регулировании и симметрировании нагрузки общественного здания.

Список литературы:

1. Shevchenko S. Yu., Savchenko N. A., Tretjak A. V. Managing the load schedule of the administrative building taking into account emerging risks when connecting the kinetic energy storage to the power supply system. Електротехніка і електромеханіка. 2017. № 6. С. 69–73.
2. Ильченко А.В., Ломакин В.О. Маховик переменного момента инерции. Автомобиль и электроника. Современные технологии. 2011. № 1.
3. Война А.А. Патент РФ, МПК F16F15/31. Маховик переменного момента инерции; патент РФ № 2516883, заявка от 01.01.12, опубл. 25.05.14.
4. Елисеев С.В., Милованова Е.А., Милованов А.А., Милованов А.И., Барсуков С.В. Патент РФ, МПК F16F15/31, F16D3/12. Маховик с регулируемым моментом инерции; патент РФ № 2498127, заявка от 11.03.11., опубл. 10.11.13.
5. Смердов Г.Г. Патент РФ, МПК F16F15/31, F03G3/08. Маховик; патент РФ № 2439394, заявка от 12.05.10 г., опубл. 10.01.12.
6. Щитов С.В., Сенников В.А., Кузнецов Е.Е., Спириданчук Н.В. Патент РФ, МПК F03G3/08. Регулятор маховикового типа с изменяемым моментом инерции; патент РФ № 2509917, заявка от 16.10.12, опубл. 20.03.14.

МАХОВИК ЗМІННОГО МОМЕНТУ ІНЕРЦІЇ ІЗ ДИСБАЛАНСНИМИ ВАНТАЖАМИ

У статті проаналізовано конструкції маховиків зі змінним моментом інерції для використання їх у складі кінетичного енергонакопичувача з метою регулювання навантаження у електричних мережах 0,4 кВ. Розроблена нова конструкція маховика зі змінним моментом інерції та удосконаленими параметрами роботи за рахунок включення у конструкцію дисбалансних вантажів.

Ключові слова: маховик, момент інерції, дисбалансний вантаж, кінетичний енергонакопичувач.

FLYWHEEL OF THE VARIABLE MOMENT OF INERTIA WITH DISBALANCED CARGOES

The article analyzes the design of flywheels with a changeable moment of inertia for use in the kinetic energy storage for the purpose of load regulation in 0,4 kV electric networks. A new flywheel design with a variable moment of inertia and improved working parameters was developed due to the inclusion of unbalance loads in the design.

Key words: flywheel, moment of inertia, unbalance load, kinetic energy storage.