

АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ МЕХАНИЧЕСКОГО ГЕНЕРАТОРА УДАРНЫХ ИМПУЛЬСОВ ВЫСОКОЙ МОЩНОСТИ ГУИМ-1

В данной работе изложены методы машинного и экспериментального исследования механического генератора ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1. Описаны конструктивные и электрические схемы стенда для измерения потребляемой мощности ГУИМ-1. Проведен анализ изменения потребляемой мощности ГУИМ-1 в течение рабочего цикла и сформулированы рекомендации по повышению эффективности его работы.

На базе Инженерной академии КР разработан и создан опытный образец механического генератора ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1, рабочий орган которого представляет собой механизм переменной структуры с наибольшим коромыслом. В качестве источника энергии в данной машине применен асинхронный электродвигатель мощностью 5,5 кВт. Ввиду того, что исполнительный механизм имеет переменный приведенный момент инерции, нагрузка на двигатель, соответственно и потребляемая мощность двигателя также является переменной. Зная характер изменения потребляемой мощности механического генератора в течение всего рабочего цикла, можно выявить возможные пути дальнейшего повышения эффективности его работы.

Исследования проведем двумя методами: методом машинного анализа (с использованием ЭВМ) и экспериментальным методом. Это позволяет нам убедиться в достоверности полученных результатов и дает основание дальнейшего применения компьютерной программы.

На рис. 1 приведены графические зависимости потребляемой мощности двигателя $N_{\text{дв}}$ и угла поворота коромысла относительно его особого положения $180^{\circ} - \varphi_3$ от времени t , полученные на ЭВМ. Из этих зависимостей видно, что с момента включения электродвигателя за $t = 0,142$ с происходит скачкообразное увеличение мощности до $N_{\text{дв}} = 9,7$ кВт и такое же ее быстрое уменьшение (до $N_{\text{дв}} = 199$ Вт). За это время коромысло повернется всего лишь на $0,073^{\circ}$. Затем, начиная с этого момента нагрузка на двигатель и соответственно мощность, потребляемая машиной, возрастает, и при $t = 1,56$ с достигает значения $N_{\text{дв}} = 6,4$ кВт. При этом коромысло успевает повернуться на $28,6^{\circ}$. Рассматривая совместно изменение потребляемой мощности и изменение угловой координаты коромысла, можно увидеть, что данное увеличение мощности происходит, когда коромысло идет на подъем. В конце подъема коромысла, когда оно набирает достаточную кинетическую энергию, потребляемая мощность резко падает и переходит в зону отрицательных значений ($N = -1,59$ кВт при $t = 2,3$ с). Данному процессу соответствует положение коромысла, повернутое на 85° . Объясняется это тем, что в конце подъема коромысла передаточное отношение u_{31} уменьшается, но так как к этому моменту коромысло набрало достаточно большую скорость, его движение через передаточные звенья МПС и редуктор передается к ротору асинхронного электродвигателя передаточным числом u_{13} , достигающим наибольших значений. Это приводит к ускорению ротора двигателя и его угловая скорость превышает синхронную, и двигатель переходит в режим генератора.

С того момента, когда коромысло доходя своего крайнего положения изменяет направление движения, нагрузка на двигатель резко возрастает, что приводит к быстрому увеличению потребляемой мощности ($N = 9,82$ кВт при $t = 2,54$ с). Данному положению соответствует угол поворота коромысла $180^{\circ} - \varphi_3 = 77^{\circ}$. Затем, через некоторое время мощность, потребляемая машиной уменьшается до $N = 5,31$ кВт ($t = 2,8$ с). При этом угол между коромыслом и его особым положением составляет $30,33^{\circ}$. Уменьшение мощности в данном

случае можно объяснить тем, что из-за быстрого увеличения передаточного отношения u_{31} сопротивление, оказываемое со стороны МПС на двигатель, продолжает расти, и в результате этого угловая скорость электродвигателя и момент на валу двигателя становятся меньше своих критических значений. Но ближе к удару мощность двигателя успевает возрасти до значения $N = 9,7 \text{ кВт}$.

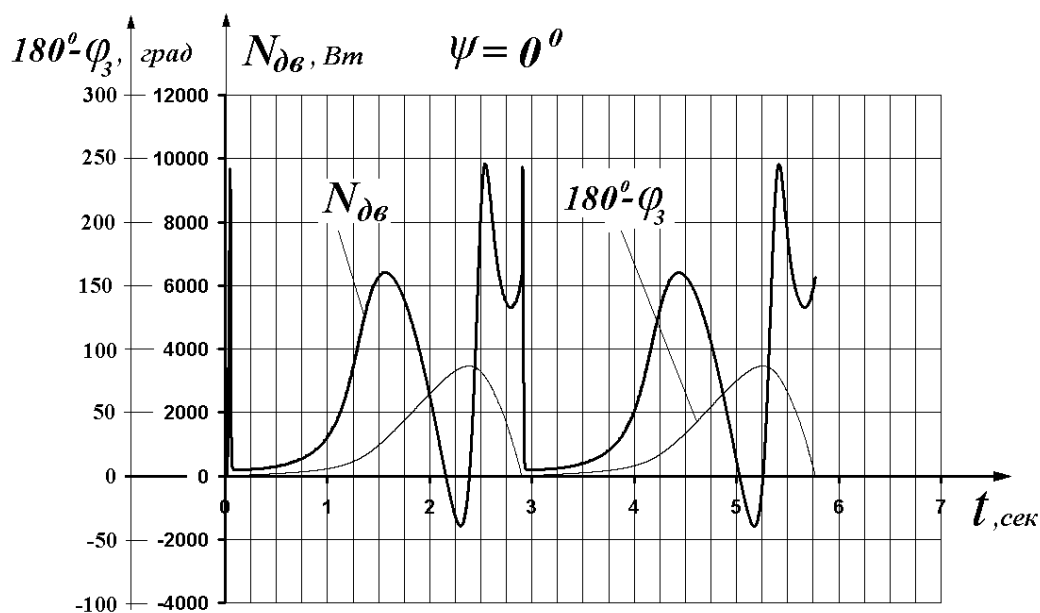


Рис. 1. Зависимость угла поворота коромысла $180^{\circ} - \varphi_3$ и потребляемой мощности двигателя $N_{дв}$ от времени t .

Экспериментальное исследование механического генератора проводим с целью дополнения и оценки достоверности результатов, полученных на основе машинного эксперимента с помощью ЭВМ. В связи с тем, что нас больше всего интересует характер изменения потребляемой мощности электродвигателя в течение рабочего цикла, в ходе экспериментальных исследований производим запись потребляемой мощности и угла поворота коромысла.

Для измерения потребляемой мощности механического генератора ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1 изготовлен стенд, который представлен на рис. 2. Стенд состоит из ваттметра 1, двух трансформаторов тока 2, двух преобразователей мощности ПО30.1 3 и быстродействующего самопишущего прибора Н-338-6П 4. Электрическая схема данного стенда приведена на рис. 3 [1].

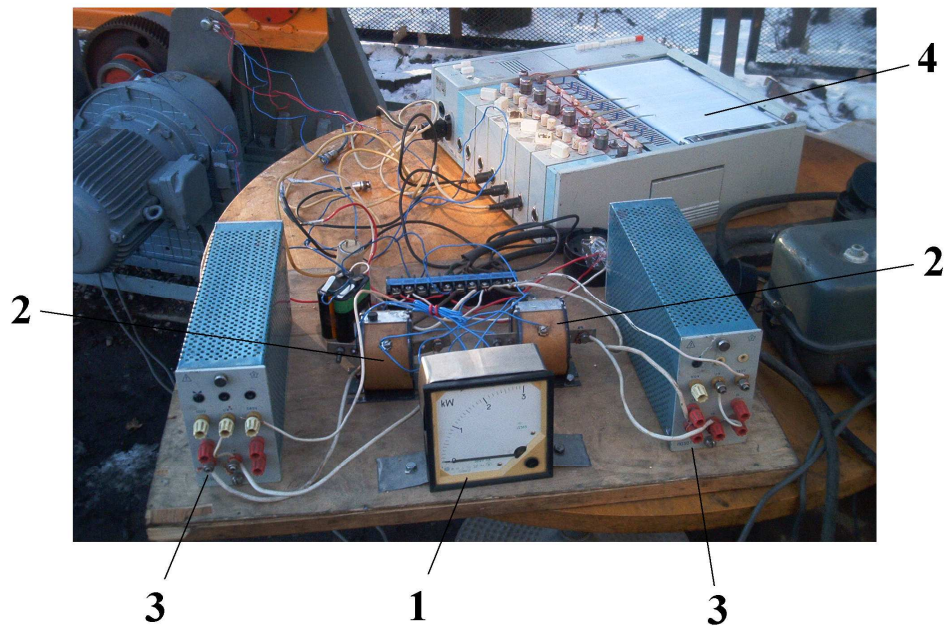


Рис. 2. Стенд для измерения потребляемой мощности механического генератора ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1. 1 - ваттметр; 2 - трансформатор тока; преобразователь мощности; 4 – самопишущий прибор.

Результаты записи диаграмм потребляемой мощности двигателя и угла поворота коромысла ГУИМ-1 при $\psi = 0^0$ представлены на рис. 4. Из этих диаграмм видно, что с момента включения электродвигателя за $t = 0,07$ с происходит скачкообразное увеличение мощности и такое же ее быстрое уменьшение. Затем мощность, потребляемая машиной, начинает возрастать и при $t = 1,7$ с достигает значения $N = 6,1$ кВт.

Рассматривая изменение потребляемой мощности совместно с изменением угловой координаты коромысла, можно увидеть, что данное увеличение мощности происходит, когда коромысло идет на подъем. В конце подъема коромысла, когда оно набирает достаточную кинетическую энергию, потребляемая мощность резко падает и даже успевает перейти в зону отрицательных значений ($N = -1,5$ кВт при $t = 2,28$ с). Данное явление можно объяснить тем, что в конце подъема коромысла передаточное отношение u_{31} уменьшается, но так как к этому моменту коромысло набрало достаточно большую скорость его движение через передаточные звенья МПС и редуктор передается к ротору асинхронного электродвигателя передаточным числом u_{13} , достигающим в этот момент наибольших значений. Это приводит к ускорению ротора двигателя и его угловая скорость превышает синхронную, и двигатель переходит в режим генератора.

Уменьшение мощности в данном случае можно объяснить тем, что из-за быстрого увеличения передаточного отношения u_{31} сопротивление, оказываемое со стороны МПС на двигатель, продолжает расти и в результате которого угловая скорость электродвигателя становится меньше своего критического значения. Но ближе к удару мощность двигателя успевает возрасти до значения $N = 8,7$ кВт.

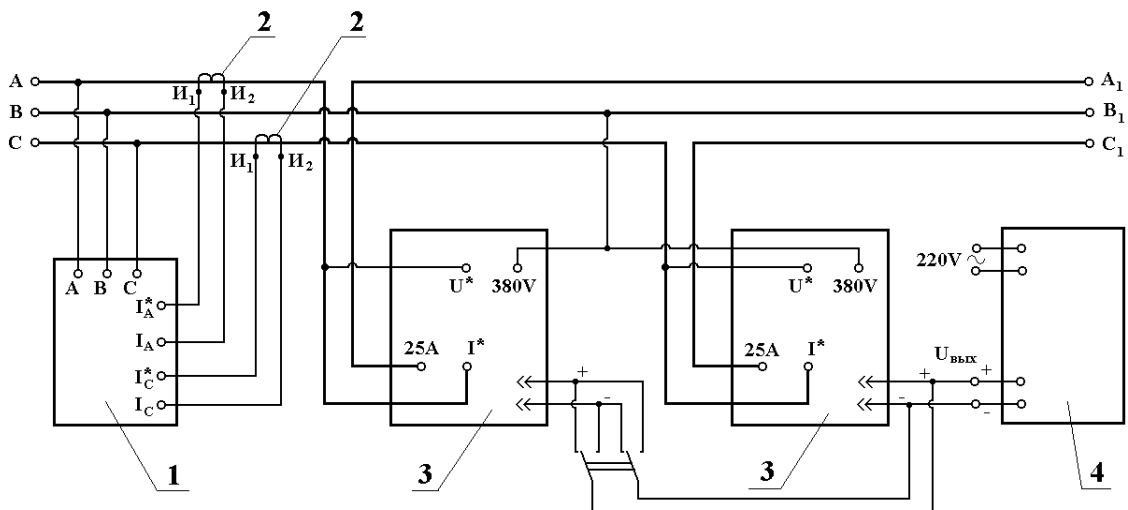


Рис. 3. Электрическая схема стенда для измерения потребляемой мощности механического генератора ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1: 1 – ваттметр; 2 – трансформатор тока; 3 – преобразователь мощности; 4 – самоиндуцирующий прибор.

Возрастание мощности электродвигателя ближе к моменту удара объясняется увеличением кинетической энергии движущихся элементов машины, что приводит к уменьшению сопротивления, оказываемого на двигатель, и соответственно к увеличению угловой скорости и момента на роторе двигателя [1].

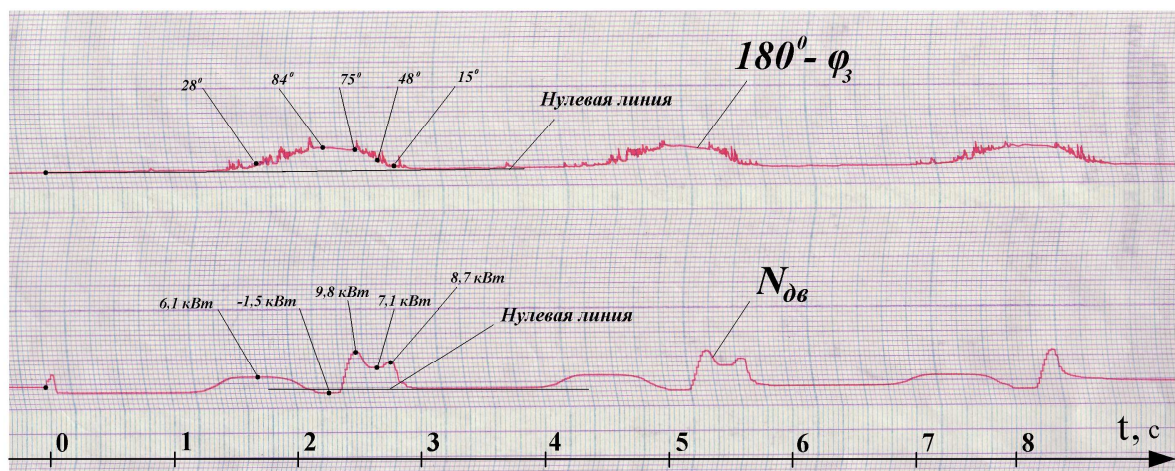


Рис. 4. Записи диаграмм потребляемой мощности $N_{дв}$ и угла поворота коромысла относительно особого положения $180^0 - \varphi_3$, полученные экспериментальным путем.

Сравнивая диаграммы потребляемой мощности и угла поворота коромысла, полученные на ЭВМ (см. рис. 1.) и экспериментальным путем (см. рис. 4), можно заметить, что эти диаграммы не имеют существенного отличия, за исключением участка, соответствующего предупредному моменту. Это объясняется тем, что механическая характеристика асинхронного электродвигателя, полученная на основе формулы Клосса отличается от механической характеристики, полученной на основе паспортных данных электродвигателя. Особенно это отличие ярко выражено на участке, ограниченном пусковым и критическими моментами. На этом участке значения момента на валу ротора, вычисляемые по формуле Клосса значительно ниже, чем значения момента, полученные по паспортным данным самого двигателя. Причем критический момент для обоих случаев одинаков, но по мере приближения к пусковому моменту разность значений моментов возрастает. Так как перед совершением удара механический генератор ударных импульсов ГУИМ-1 работает именно на этом участке, диаграммы потребляемой мощности, полученные аналитическим и экспериментальными методами, существенно отличаются друг от друга именно в том месте, которое соответствует предупредному положению исполнительного механизма. Так, например, по

результатам экспериментальной записи потребляемой мощности перед ударом она уменьшается до 7,1 кВт, а затем увеличивается до 8,7 кВт, а по результатам машинного анализа она уменьшается до 5,31 кВт и увеличивается до 6,5 кВт.

Результаты экспериментального измерения и машинного анализа потребляемой мощности механического генератора ударных импульсов высокой мощности ГУИМ-1 показывают, что мощность, потребляемая им в момент подъема коромысла намного меньше мощности, которая развивается данной машиной при движении коромысла вниз. Отсюда следует, что для повышения энергии удара ГУИМ-1 можно снабжать пружинным накопителем энергии. Это позволяет повысить энергию удара на 71%, но не более, т.к. дальнейшее увеличение жесткости пружины не позволяет двигателю поднять коромысло. Более эффективным способом увеличения энергии удара в данном случае является установка на валу двигателя маховика. Согласно результатам машинного анализа установка на валу ротора электродвигателя маховика с моментом инерции

$J_{max} = 1,816 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ позволяет повысить энергию удара на 88,6%. Но в этом случае механический генератор ударных импульсов начинает работать в установившемся режиме с третьего цикла. Можно было бы еще повысить энергию удара, используя более массивные маховики, но это будет сопровождаться с увеличением фаз разбега и выбега машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зиялиев К.Ж. Кинематический и динамический анализ шарнирно-четырёхзвенных механизмов переменной структуры с созданием машин высокой мощности. –Бишкек: Илим. – 2005. – 193 с.