

КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ МОЩНОСТИ ПРИВОДА ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ ТОКАРНОГО СТАНКА

Зверев Е.А., Ермолович И.С., Лыков А.С., Хайбулин Е.В.

Новосибирский государственный технический университет, г.Новосибирск

Ключевые слова: мощность привода, потери холостого хода, нагрузочные потери, эффективная мощность, коэффициент полезного действия.

Аннотация. Для исследования потерь мощности токарно-винторезного станка модели 1А62 разработана система диагностирования, включающая аналогово-цифровой преобразователь с необходимым комплектом датчиков. Возможность передачи информации от преобразователя на компьютер позволила автоматизировать процесс измерения и расчета составляющих потерь мощности с определением и коэффициента полезного действия.

Эффективное использование подводимой к станку мощности при осуществлении процесса резания является одним из важнейших требований, предъявляемых к станочному оборудованию. Как известно, часть мощности при передаче движения от электродвигателя к шпиндельному узлу теряется, так как затрачивается на преодоление сил трения в кинематических парах приводов и сил сопротивления среды, превращаясь в теплоту. На выполнение полезной работы расходуется оставшаяся часть мощности. Эта доля механической энергии учитывается коэффициентом полезного действия (КПД) привода. Данный показатель качества станочного оборудования является комплексным и характеризует качество изготовления и сборки узлов станка.

Определение КПД расчетным путем практически невозможно, ввиду того, что суммарные потери мощности не стабильны. Особенно сильно при прочих равных условиях на его значение влияет режим резания и техническое состояние оборудования. Поэтому для определения фактической величины КПД объект подвергают энергетическим испытаниям во всем диапазоне рабочих скоростей и нагрузок.

Как известно, мощность двигателя распределяется на: потери при холостом ходе (N_x), нагрузочные потери (N_n) и эффективную мощность резания (N_3). Описание специфики каждой из потерь мощности подробно представлено в работе [1]. Мощностью отводимой на привод подачи, как правило, пренебрегают, вследствие небольших скоростей и низкого уровня энергетических потерь.

Для измерения мощности привода главного движения токарно-винторезного станка модели 1А62 в лаборатории кафедры проектирования технологических машин разработан измерительный комплекс, принципиальная схема которого приведена на рис. 1 [2].

Частота вращения шпинделя определяется с помощью датчика скорости 3, установленного на коробке скоростей 1. Потребляемая из сети мощность определяется по току и напряжению питающей сети, для чего используется комплексный датчик 5, а момент на шпинделе, развиваемый нагрузочным устройством 2, вычисляется при помощи датчика 4. Все аналоговые сигналы поступают на аналого-цифровой преобразователь (АЦП) 6, информация от

которого с целью расчета потерь холостого хода, нагрузочных потерь, эффективной мощности и КПД передается на компьютер 7.

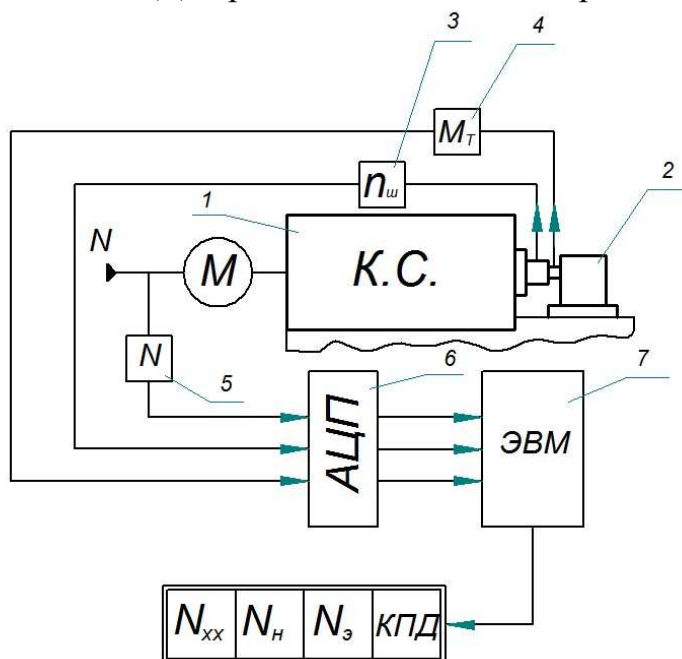


Рис. 1. Принципиальная схема измерительного комплекса

В качестве нагрузочного устройства, имитирующего силу резания, используется порошковый тормоз ПТ-40М. Данное устройство состоит из статора, в котором уложена обмотка, и ротора, разделенных между собой пространством, заполненным ферромагнитной смесью. При прохождении тока через обмотки, в магнитопроводе тормоза возникает магнитный поток, в результате чего возникают электромагнитные силы, образующие тормозной момент. Питание на тормоз подается от выпрямителя типа ВСА-5А. Для определения величины тормозного момента нагрузочного устройства потребовалось получение тарировочной зависимости между моментом и током возбуждения. В качестве датчика скорости, регистрирующего фактическую частоту вращения шпинделя, применяется тахогенератор постоянного тока типа ТМГ-30П. Для измерения значений напряжения и тока, необходимых для определения мощности, потребляемой двигателем из сети, используются специализированный датчик напряжения и датчик тока типа LEM LA 55P. Передача аналоговых сигналов на персональный компьютер осуществляется при помощи внешнего модуля АЦП Е-154, предназначенного для создания портативных измерительных систем на базе notebook через интерфейс USB 2.0 (full-speed) без отдельного источника питания. В качестве рабочей среды используется программа LabVIEW (англ. Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench).

Обобщенный вид лабораторного комплекса показан в виде 3D модели на рис. 2.

Токарный станок подвергся существенной модернизации. Соединение тахогенератора с рабочим органом привода осуществлено при помощи крестовой муфты. Нагрузочное устройство установлено на специальной каретке, связанной с суппортом станка, и может перемещаться по направляющим станины. Вал

тормоза соединяется со шпинделем посредством зубчатой муфты. Непосредственное управление режимом работы тормоза осуществляется с помощью рукоятки выпрямителя типа ВСА-5А.

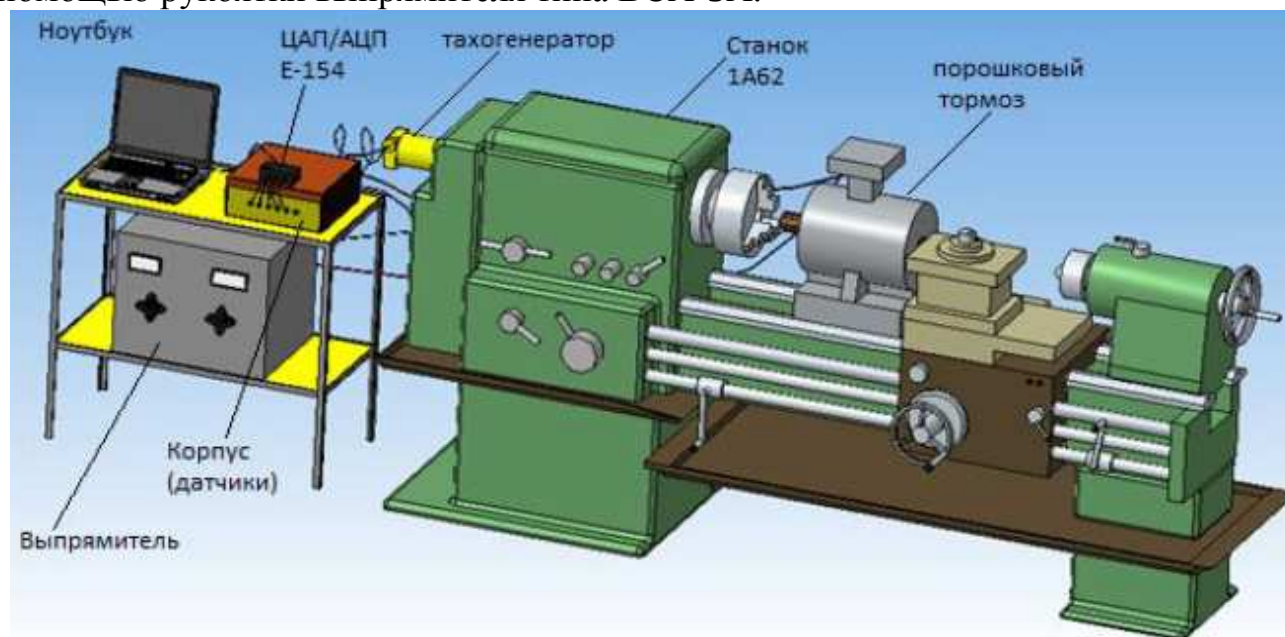


Рис. 2. Модель измерительного комплекса

На рис. 3 показан интерфейс программы. Перед началом работы необходимо в специальное окно внести паспортное значение исследуемой частоты вращения. При выполнении исследований также необходимо в соответствующие окна вносить порядковый номер опыта и текущее значение силы тока возбуждения обмоток тормоза, которое программой пересчитывается в нагрузочный момент. При нажатии кнопки «Выполнить опрос» автоматически фиксируются сигналы со всех датчиков и рассчитываются значения всех составляющих баланса мощности, включая КПД. В таблице отображены значения фактической частоты вращения шпинделя ($n_{\text{факт}}$), нагрузочного момента (M_T), потребляемой из сети мощности (N), потерь мощности при холостом ходе (N_x), эффективной мощности ($N_{\text{э}}$), потерь мощности в двигателе ($N_{\text{пд}}$) и нагрузочных потерь (N_H).

Затем с помощью вращения регулятора блока питания переходят на следующую ступень нагружения, каждый раз стремясь обеспечить равные приращения, до максимальной нагрузки. После чего регулятор возвращают в исходное положение, а сам тормоз и станок отключают.

После завершения эксперимента необходимо нажать кнопку «Построить график». При этом в окне программы отображается зависимость КПД от эффективной мощности.

Полученный в ходе исследований график отражает специфику распределения КПД в зависимости от эффективной мощности. До определенного момента КПД возрастает при увеличении нагрузки, а в дальнейшем происходит его снижение. Поскольку при малых нагрузках потери холостого хода доминируют над полезной мощностью. Падение же КПД после достижения максимальной величины связано с усилением влияния нагрузочных потерь.

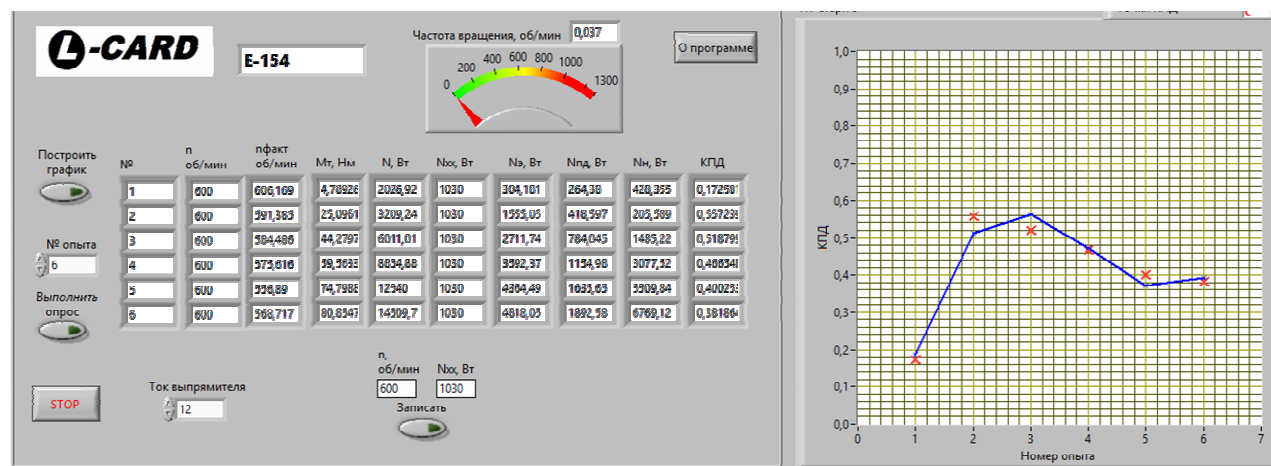


Рис. 3. Таблица и график КПД при работе станка под нагрузкой

Таким образом, реализация изложенного подхода позволяет оперативно проводить исследования, сократить трудоемкость процесса измерения и расчета потерь мощности в приводе главного движения. В конечном счете, применение данной методики дает возможность обеспечить рациональное энергоэффективное использование металлообрабатывающего оборудования.

Список литературы

1. Методика измерения мощности привода главного движения металлорежущих станков / Ю.С. Чёсов, С.В. Птицын, Е.А. Зверев, В.О. Сухарев, М.С. Цыбенко // Актуальные проблемы в машиностроении – 2015. – № 2. – С. 244-248.
2. Зверев Е.А., Саха О.В. Исследование потерь мощности в металлорежущих станках при холостом ходе // Автоматизированное проектирование в машиностроении. – 2017. – № 5. – С. 130-132.

Сведения об авторах:

Зверев Егор Александрович – к.т.н., доцент, доцент кафедры ПТМ, НГТУ, г.Новосибирск;

Ермолович Игорь Станиславович – магистрант НГТУ, г.Новосибирск;

Лыков Алексей Сергеевич – магистрант НГТУ, г.Новосибирск;

Хайбулин Евгений Владимирович – магистрант НГТУ, г.Новосибирск.

POWER MEASUREMENT COMPLEX OF PRIMARY MOTION DRIVE OF LATHE

Zverev E.A., Yermolovich I.S., Lykov A.S., Khaybulin E.V.

Keywords: drive power, idle losses, load losses, effective power, efficiency coefficient.

Abstract. The present work aims to power losses research of the 1A62 screw-cutting lathe. As a result a diagnostic system has been developed. This system include analog to digital converter with a required set of sensors. The possibility to transfer information from the converter to the computer made it possible to automate measurement and calculation power losses component with definition of efficiency coefficient.

References

1. Chosov Yu.S., Ptitsyn S.V., Zverev E.A., Sukharev V.O., Tsybenko M.S. Technique of measuring the drive power of the main machine tool motion // Actual problems in mechanical engineering, 2015, no. 2, pp. 244-248.
2. Zverev E.A., Sakha O.V. Research of power losses in metalworking machines at idle // Computer-aided design in mechanical engineering, 2017. no. 5, pp. 130-132.