

УДК 621.791.76

Модернизация системы приводов установки для электроконтактной приварки «011-1-10» «Ремдеталь»

Серов Антон Вячеславович

av_serov@vk.com
SPIN-код: 8269-4840

Немировский Роман Ильич

nir795811@mail.ru

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия

Аннотация. Рассмотрена конструкция установки для электроконтактной приварки «011-1-10» «Ремдеталь», приведена ее (принципиальная) кинематическая схема, рассмотрены силы формирующие крутящие моменты звеньев кинематических передач приводов исполнительных механизмов и источников движения — двигателей. Проведено диагностирование ее актуального технического состояния. Проведен расчет пределов регулирования скоростей движений приводов установки «011-1-10» «Ремдеталь» при получении функциональных покрытий на цилиндрических и плоских поверхностях деталей машин. Предложена технология ремонта (устранения) биения шкивов редукторов приводов главного движения цилиндрических деталей-заготовок и движения подачи сварочной тележки. Разработаны проекты модернизации систем приводов и управления ими в соответствии с рассчитанными параметрами.

Ключевые слова: электроконтактной приварка, функциональные покрытия, ремонт, ЧПУ, привод, модернизация

Modernization of the drive system of the installation for electric contact welding 011-1-10 Remdetal

Serov Anton Vacheslavovich

av_serov@vk.com
SPIN-code: 8269-4840

Nemirovsky Roman Ilyich

nir795811@mail.ru

BMSTU, Moscow, Russia

Abstract. The design of the 011-1-10 REMDETAL installation for electric contact welding is considered, its (fundamental) kinematic diagram is given, and the forces that form the torques of the links of the kinematic transmissions of the actuators and the sources of motion, the motors, are examined. The current technical condition of the installation is diagnosed. The limits of regulating the speeds of the actuators of the 011-1-10 REMDETAL installation are calculated when obtaining functional coatings on cylindrical and flat surfaces of machine parts. The technology of repair (elimination) of the runout of the pulleys of the gearboxes of the drives of the main motion of the cylindrical parts-blanks and the movement of the welding trolley feed. Projects of modernization of the drive systems and their control in accordance with the calculated parameters have been developed.

Keywords: electric contact welding, functional coatings, repair, CNC, drive, modernization

Введение. Одной из технологий получения покрытий при изготовлении и восстановлении деталей машин является электроконтактная приварка металлической ленты (ЭКП), позволяющая получать металлические покрытия с разными функциями [1–3]. Одной из моделей установок для ЭПК является — «011-1-10» «Ремдеталь». В ходе анализа проблем эксплуатации установки было выявлено отказы, в частности прерывистое движение шпинделя. К недостаткам эксплуатации можно отнести: отсутствие унифицированных запасных частей на рынке; высокое $T_{шт.}$, а именно высокие подготовительно-заключительное и вспомогательное время; невозможность точной установки и контроля скоростей движений и их согласования.

Перед проведением диагностических работ для разработки последующих ремонтных воздействий и проекта модернизации необходимо иметь кинематическую и электрическую схемы установки. В отсутствии исходной конструкторской документации для их составления использовались методы реверс-инжиниринга. Полученные схемы представлены на рис. 1.

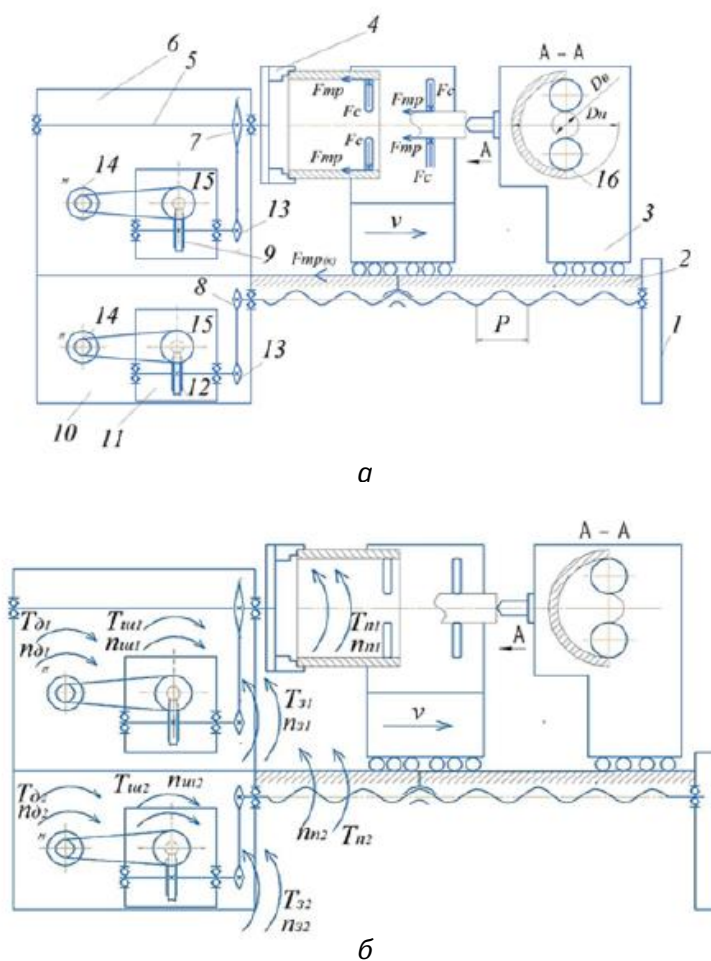


Рис. 1. Схема установки «011-1-10» «Ремдеталь»: а — компоновочная для определения сил: 1 — задняя тумба; 2 — направляющие; 3 — задняя бабка; 4 — трехкулачковый самоцентрирующий патрон; 5 — шпиндель; 6 — передняя бабка; 7 — звездочка $Z=40$; 8, 13 — звездочки $Z=20$; 9, 12 — червячные колеса; 10 — тумба передняя; 11 — червячные редукторы 2Ч-63 (1:50); 14 — шкивы двигателя $D=70,35$; 15 — шкивы редуктора $D=165$; 16 — электрод-ролик; 17 — двигатели ПС-41 (0,25 кВт); $Dв$ — диаметр обрабатываемых наружных поверхностей (20–200 мм); $Dн$ — диаметр обрабатываемых внутренних поверхностей (60–250 мм); P — шаг винта (10 мм); б — для определения скоростей и моментов кинематических звеньев

Материалы и методы. Актуальное техническое состояние установки, диагностировалось в соответствии с нормативной документацией (ГОСТ Р ИСО 17359–2015, ГОСТ Р ИСО 13381-1–2011): мультиметр — Ресанта ТЕК DT 838 61/10/513; инфракрасный пирометр ADA TemPro 300 A00222; измеритель вибрации МЕГЕОН 09630; индикатор часового типа Gigant GI-1.

Результаты. По результатам диагностических работ были построены следующие графики (рис. 2).

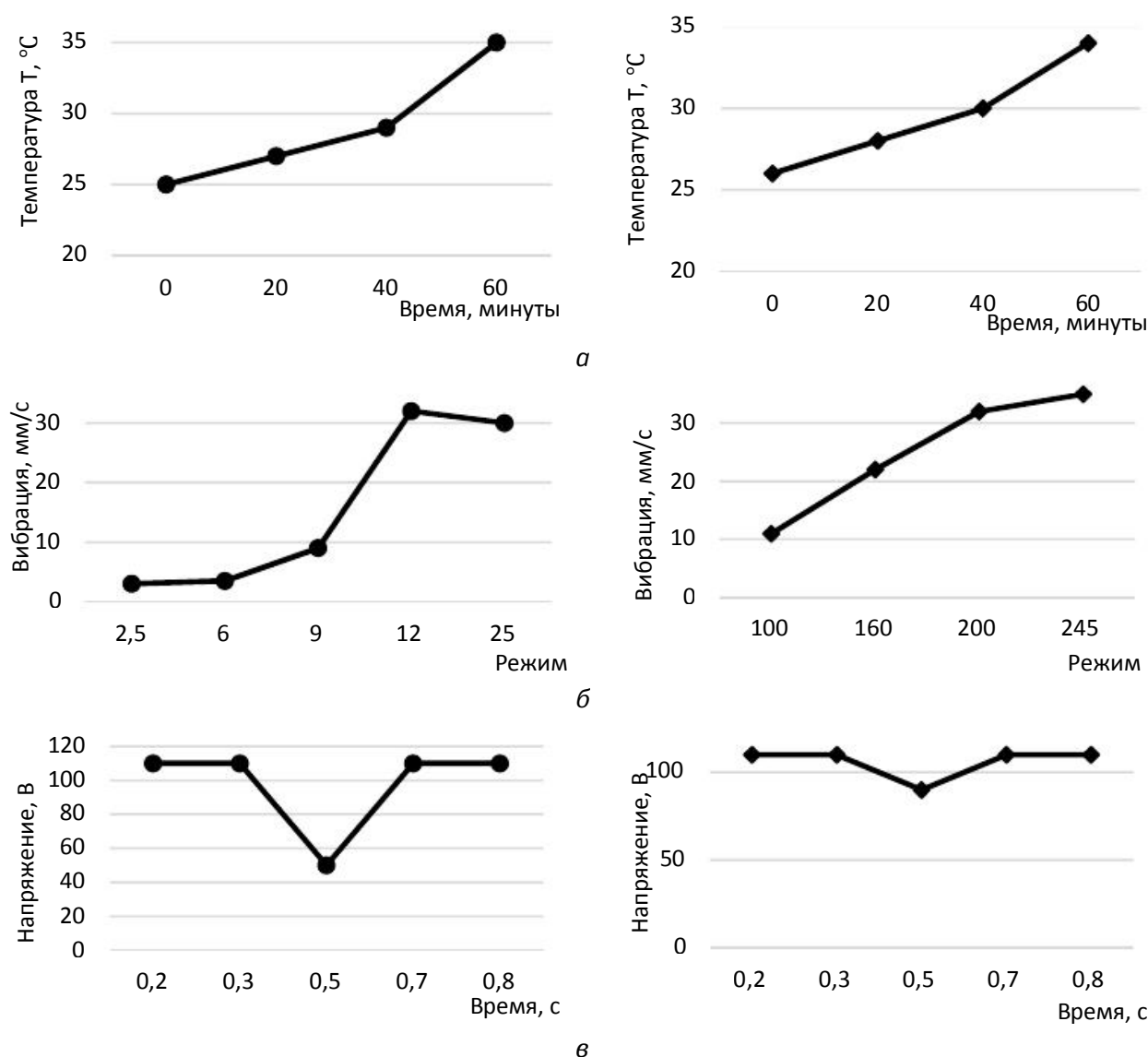


Рис. 2. Результаты диагностирования приводов:

- — главного движения; ◆ — движения подачи; а — зависимость температуры электродвигателя от времени работы; б — зависимость вибрации от частоты вращения ротора двигателя; в — зависимость напряжения блока питания от времени

В ходе диагностирования было выявлено, что на блоке питания привода главного движения присутствуют просадки напряжения со 110 до 50 В. Что и является причиной подергивания шпинделя вплоть до остановки на малых оборотах с резкими рывками. По результатам вибродиагностики было прове-

дено измерение биений шкивов приводных двигателей, индикатором часового типа, которые многократно превышают допустимое: осевое — 0,30 мм, торцевое — 0,50 мм.

Для обеспечения работоспособного состояния был заменен преобразователь напряжения на CNMAWAY WK611.

Для устранения биения шкивов предлагается «метод установки дополнительной ремонтной детали» — втулки [4]: отверстие шкива растачивается на токарном станке до следующего стандартного размера для концов валов цилиндрических с шероховатостью Ra до 1,6 мкм; изготавливается ремонтная деталь — втулка с внутренним коническим отверстием соответствующим конусу входного вала редуктора с шероховатостью Ra до 0,8 мкм, а наружным диаметром расточенного отверстия шкива с шероховатостью поверхности $Ra = 3,2\text{--}6,3$ мкм; прошивается шпоночный паз в шкиве и фрезеруется втулка (разрезается); ремонтная деталь устанавливается на анаэробный герметик в подготовленное отверстие шкива.

Для модернизации приводов установки необходимо знать пределы регулирования скоростей движений на установке, для этого был проведен расчет наименьших и наибольших частот и моментов вращения шпинделя, на котором закрепляется обрабатываемая деталь, а также винта, приводящего в движение сварочную тележку.

Наибольшие и наименьшие скорости процесса зависят от времени импульса тока и времени паузы, а также диаметров восстанавливаемых деталей. Наименьшее возможное время импульса 0,02 секунды — период тока, а время паузы из условий работы трансформатора ТВК-75 с учетом ПВ/ПН 50 % составит 0,02, для обеспечения более мягких режимов его работы обычно увеличивается на ступень регулирования — 0,02 с, соответственно — 0,04 с.

Далее был произведен расчет скоростей приварки для минимального и максимального диаметров, обрабатываемых на установке по ее паспорту (20–250 мм). В качестве крайнего максимального значения времени импульса взят случай для приварки ножовочного полотна марки Р6М5 толщиной 2 мм. Определение времени протекания сварочного тока $t_{\text{и}}$ [5]:

$$t_{\text{и}} = \frac{K_{\text{т}} \delta h_{\text{д}}}{1000\lambda},$$

где $K_{\text{т}}$ — коэффициент жесткости режима $K_{\text{т}} = 4$ для мягкого режима; δ — толщина присадочного материала $\delta = 2$ мм; $h_{\text{д}}$ — глубина нагрева $h_{\text{д}} = 1$ мм; λ — теплопроводность вещества, Вт/(м · К).

$$t_{\text{и(max)}} = \frac{4 \cdot 2 \cdot 1}{0,030 \cdot 10^3} = 0,26 \text{ с.}$$

Далее определим время паузы [5]:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{и}} + 0,02 ;$$

$$t_{\text{п(min)}} = 0,02 + 0,02 = 0,04 \text{ с;}$$

$$t_{п(max)} = 0,26 + 0,02 = 0,28 \text{ с.}$$

Значения коэффициентов перекрытия:

$$t_{и} k_{пн}^3 + 2 t_{п} k_{пн}^2 - t_{п} = 0,$$

где $k_{пн}$ — коэффициент перекрытия между сварочными точками в ряду.

$$0,02 k_{пн(min)}^3 + 2 \cdot 0,04 \cdot k_{пн(min)}^2 - 0,04 = 0;$$

$$0,26 k_{пн(max)}^3 + 2 \cdot 0,28 \cdot k_{пн(max)}^2 - 0,28 = 0.$$

Получаем следующие значения [5]:

$$k_{пн(min)} = 0,62; k_{пн(max)} = 0,66;$$

$$k_{пс(max)} = \sqrt{1 - 0,62^2} = 0,784;$$

$$k_{пс(min)} = \sqrt{1 - 0,66^2} = 0,751.$$

Определение максимальной и минимальной скоростей сварки [5]:

$$v_{св} = \frac{k_{пн} d_{т}}{t_{п} + t_{и} k_{пн}};$$

$$v_{св(min)} = \frac{60 \cdot 0,62 \cdot 3}{0,28 + 0,26 \cdot 0,62} = 253,2 \text{ мм/мин};$$

$$v_{св(max)} = 60 \cdot 0,66 \cdot 30,04 + 0,02 \cdot 0,66 = 2233 \text{ мм/мин}.$$

При восстановлении плоских поверхностей, скорость приварки будет равна скорости перемещения сварочной тележки.

Расчет минимальной и максимальной подач сварочных электродов [5]:

$$S_{м} = \frac{60 N_{э} k_{пс} k_{пн} d_{т}^2}{\pi D (t_{п} + t_{и} k_{пн})}, \frac{\text{мм}}{\text{мин}},$$

$$S_{(min)} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 0,784 \cdot 0,62}{3,14 \cdot 250 \cdot (0,28 + 0,26 \cdot 0,62)} = 1,52 \text{ мм/мин}.$$

$$S_{(max)} = \frac{60 \cdot 2 \cdot 0,778 \cdot 0,655 \cdot 3^2}{3,14 \cdot 20 \cdot (0,04 + 0,02 \cdot 0,628)} = 160,22 \text{ мм/мин}.$$

Интервал частоты шпинделя составил $0,32 \dots 35,5 \text{ мин}^{-1}$, а вращения винта привода подачи сварочной тележки $0,152 \dots 223,3 \text{ мин}^{-1}$. На основании рассчитанных минимальных и максимальных значений скоростей сварки и подач, рассчитываем минимальные и максимальные частоты вращения шпинделя с учетом передаточных чисел механических передач, и с учетом шага резьбы — частоту вращения ходового винта, с учетом рассчитанных

сил, производим расчет крутящих моментов. Для привода главного движения, крутящий момент 0,8 Нм двигателя и 150 Нм на шпинделе, для подачи 0,6 Нм на двигателе и 31 Нм на ходовом винте.

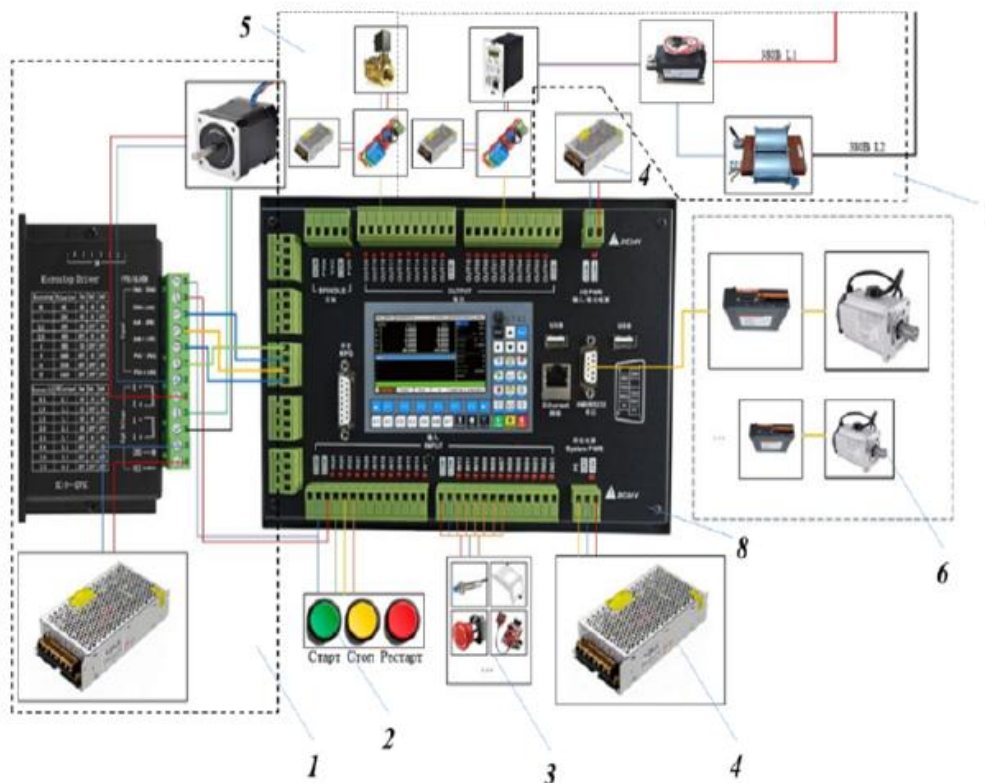


Рис. 3. Принципиальная схема модернизированной системы приводов установки:
 1 — электродвигатель Nema 17 17HS19-2004S1 и драйвер TB6600; 2 — кнопки управления; 3 — аварийная кнопка, концевые выключатели GTRIC U12A3, защитный кожух; 4 — питание контроллера; 5 — клапан подачи СОЖ; 6 — электродвигатель 80SS75 750W и драйвер ASD275; 7 — система регулировки цикла сварки; 8 — осевой контроллер CNC DDCS EXPERT V2

По расчетным данным были подобраны серводвигатели в комплекте с драйверами и контроллером управления, двигатели выбирались с учетом падения их крутящего момента относительно номинального при высоких частотах вращения ротора.

Обсуждение. Исходя из проведенных расчетов кинематических параметров привода движения подачи определено, что необходимо увеличить частоту на звездочке вала подачи (ходового винта). Для этого предлагается заменить модель червячного редуктора 2Ч-63 с передаточным отношением 50 на конфигурацию с отношением 12,5, это позволит достигать максимальную расчетную скорость сварки для плоских поверхностей, требуемый момент на двигателе в таком случае составит 1,47 Нм и потребуются замена винтовой на шарико-винтовую передачу.

Заключение. Внедрение разработанной системы приводов и числового программного управления (ЧПУ) в процессы изготовления и восстановления деталей ЭКП, открывает новые возможности для повышения точности, про-

изводительности и экономичности. ЧПУ позволяет автоматизировать контроль параметров сварки, минимизировать влияние человеческого фактора и обеспечить высокую повторяемость результатов. Кроме того, использование ЧПУ способствует снижению затрат на персонал и энергоресурсы, что делает процесс более рентабельным.

Список источников

- [1] Серов А.В., Латыпов Р.А., Бурак П.И., Серов Н.В. Технологические процессы получения функциональных покрытий методом электроконтактной приварки. Часть 1. *Агроинженерия*, 2022, т. 24, № 4, с. 53–57. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2022-4-53-57>
- [2] Серов Н.В. *Восстановление и упрочнение деталей машин и оборудования агропромышленного назначения электроконтактной приваркой*. Москва, РГАУ — МСХА им. К.А. Тимирязева, 2021, 25 с.
- [3] Латыпов Р.А., Серов А.В., Серов Н.В., Игнаткин И.Ю. Утилизация отходов машиностроения и металлургии при упрочнении и восстановлении деталей машин. Часть 2. *Металлург*, 2021, № 6, с. 87–92. https://doi.org/10.52351/00260827_2021_06_87
- [4] Игнаткин И.Ю., Серов А.В., Дроздов А.В. Способ восстановления вала редуктора с применением ремонтной детали и полимерных материалов. *Вестник НГИЭИ*, 2021, № 5 (120), с. 53–64. <https://doi.org/10.24412/2227-9407-2021-5-53-64>
- [5] Серов А.В., Серов Н.В., Бурак П.И., Соколова В.М. Методика назначения оптимальных режимов электроконтактной приварки. *Вестник МГАУ им. В.П. Горячкина*, 2019, № 6 (94), с. 35–39. <https://doi.org/10.34677/1728-7936-2019-6-35-39>