

## АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ ПО ИЗГОТОВЛЕНИЮ КАРКАСОВ СВАЙ И ОПОР

*Е. Я. Иванченко, А. К. Павлов, Н. В. Худобин,  
А. И. Гладштейн*

**Х а р ь к о в**

Автоматизация и механизация производственных процессов находит все более широкое применение в строительном производстве. Однако все еще имеются неавтоматизированные технологические участки, например, производство железобетонных свай и опор, каркасы которых изготавливаются вручную.

Харьковский институт радиоэлектроники совместно с Часов-Ярским заводом товарного бетона и железобетонных изделий разработал и исследовал электродинамическую модель автоматической линии по изготовлению каркасов свай и опор. Данная модель явилась приближенным подобием проектируемой автоматической линии и дала возможность проанализировать взаимодействие отдельных узлов и работу электрической схемы управления. Обобщение опытных данных по изучению рабочих циклов отдельных узлов на действующей модели позволило создать более совершенную схему автоматического управления всей линией и применить более надежные механические узлы и элементы электрической схемы управления.

По характеристикам модели получены характеристики проектируемой автоматической линии путем умножения на масштабные коэффициенты. Некоторые вспомогательные элементы, такие как реле, шаговые искатели, диоды, триоды, конденсаторы выполнены немоделированными, т. е. натуральными.

На модели проверялась, настраивалась и регулировалась система релейного автоматического управления механизмами, система трансформаторных датчиков и механизма регистрации количества продольных стержней в накопительных трубах навивочной машины. Уточнялась конструкция механизма изгиба, и захвата продольных стержней тянущей кареткой и составлялась диаграмма временной зависимости работы отдельных реле, шаговых искателей, электродвигателей, трансформаторных датчиков, управляющих работой исполнительных механизмов.

Электродинамическая модель автоматически выполняет следующие операции. Продольный стержень (рис. 1) через трансформаторный датчик 1 подается на рольганг 1, который включается и передвигает стержень к стыко-сварочному агрегату. При прохождении через трансформаторные датчики 2 и 3 запускаются рольганги 2 и 3, которые передвигают стержень дальше. При выходе стержня из датчиков 1 и 2 все рольганги останавливаются, а хвостовая часть стержня находится между зажимными губками механизма МЗС2. Следующий продольный стержень

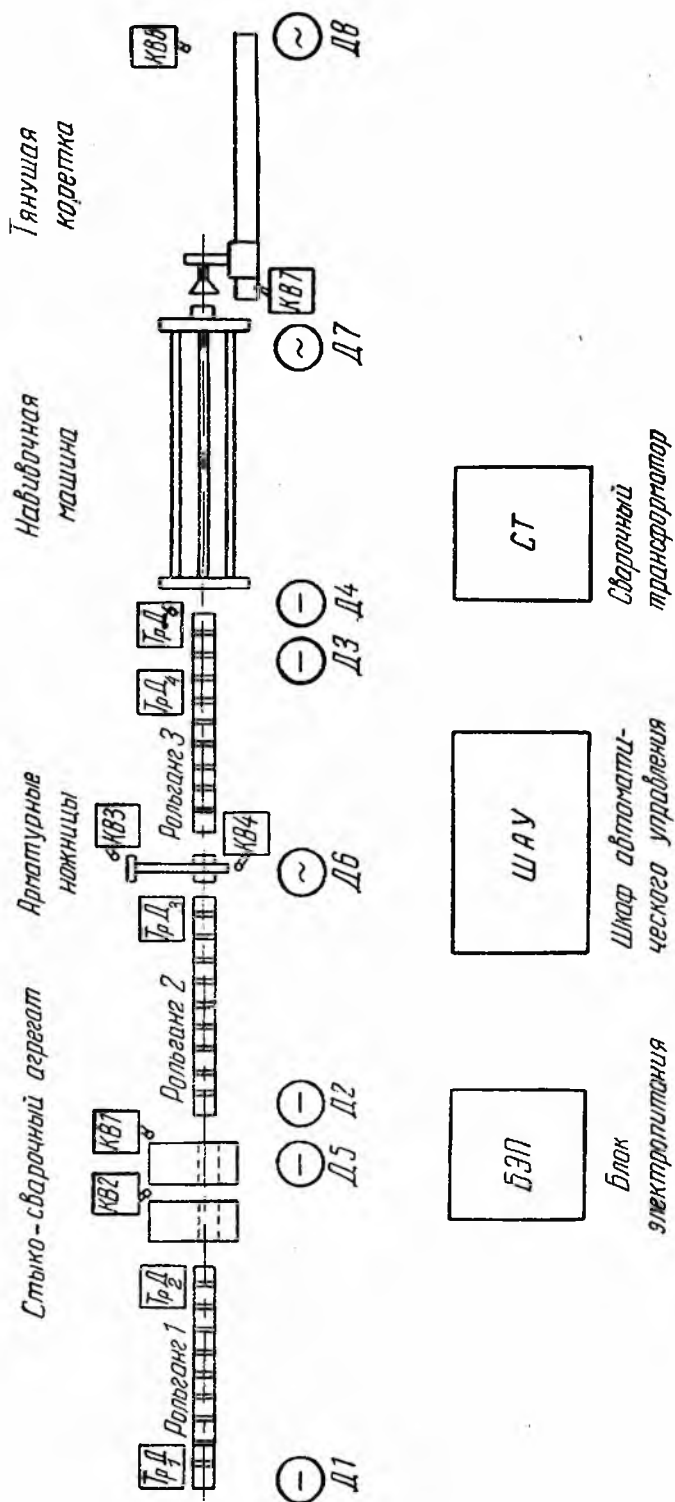


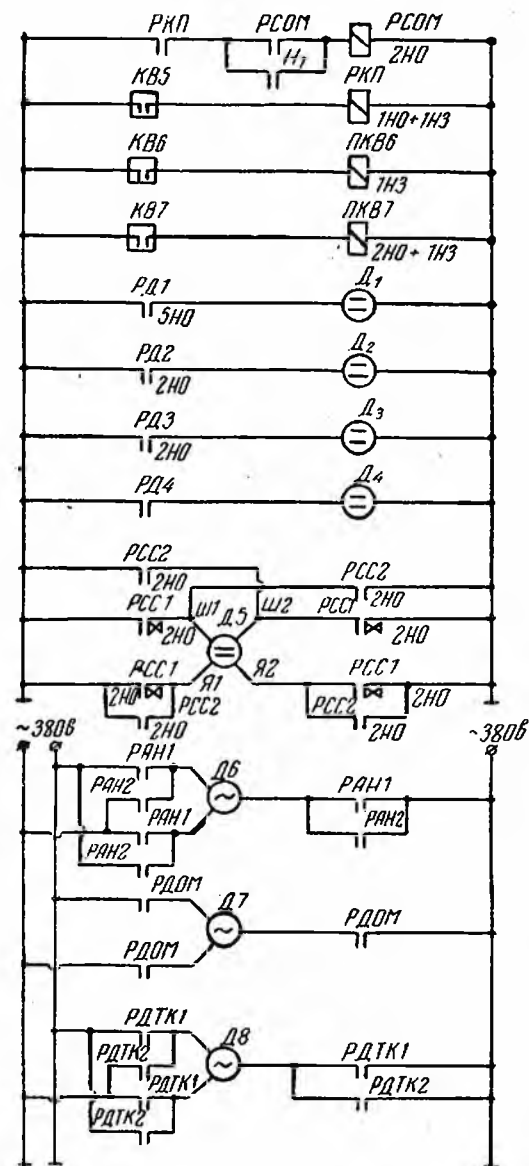
Рис. 1.



тывает токовое реле, выключается сварочный трансформатор. С выдержкой времени, необходимой для остывания места сварки, механизмы МЗС1 и МЗС2 разжимают теперь уже единый стержень, и механизм МЗС1 возвра-

щается в исходное положение. Одновременно запускаются рольганги 1, 2 и 3 и перемещают стержень к арматурным ножницам. При попадании стержня в датчик 4 останавливаются все рольганги и арматурные ножницы отрезают стержень необходимой длины. Отрезанный стержень попадает в датчик 5, запускается рольганг 4, который вталкивает стержень в одну из накопительных труб. Как только стержень полностью зайдет, барабан навивочной машины, вращаясь, делает один шаг, подставляя к датчику 5 следующую накопительную трубу.

Рабочие циклы повторяются до заполнения всех накопительных труб навивочной машины. При заполнении последней накопительной трубы подается команда на передвижение тянущей каретки. Когда тянущая каретка приближается к барабану навивочной машины, продольные стержни попадают в направляющую коническую воронку и под давлением последней изгибаясь, принимают нужную конфигурацию. Затем электродвигатель Д8 реверсируется и тянущая каретка возвращается в исходное положение. Конусный зажим тянущей каретки зажимает продольные стержни и вытягивает их из направляющих труб навивочной машины. Одновременно включается электродвигатель Д7; барабан с наполнительными трубами начнет вращаться. Навивочный провод с бухты про-



тягиается под прижимным роликом и навивается на продольные стержни, привариваясь к ним. К прижимному ролику и к барабану навивочной машины подводится электропитание от сварочного трансформатора.

Таким образом, все стержни вытягиваются из направляющих труб и обвиваются навивочным проводом; образуется каркас. Как только тянущая каретка возвращается в исходное положение, обесточивается

сварочный трансформатор и останавливается барабан навивочной машины.

Каркас вынимается. Полный цикл работы закончен. Все последующие процессы аналогичны описанному выше.

На рис. 2 приведена электрическая схема управления электродинамической моделью, а на рис. 3 — временная диаграмма работы этой схемы, разделанная на пять равных подциклов времени. Каждый подцикл соответствует полной технологической обработке одного продольного стержня; шестой — работе навивочной машины и тянущей каретки.

Для определения критериев подобия запишем математическое выражение процесса.

Для первого полуцикла

$$\tau'_1 = k't'_1 + t'_2 + \frac{l'_1}{v'_1} + \frac{l'_2}{v'_2} + \frac{l'_3}{v'_3};$$

где  $t'_1$  — время сварки и охлаждения продольного стержня;

$t'_2$  — время отрезания продольного стержня;

$l'_1$  — длина 1-го рольганга;

$l'_2$  — длина 2-го рольганга;

$l'_3$  — длина 3-го рольганга;

$v'_1$  — скорость перемещения продольного стержня по 1-му рольгангу;

$v'_2$  — скорость перемещения продольного стержня по 2-му рольгангу;

$v'_3$  — скорость перемещения продольного стержня по 3-му рольгангу;

$k'$  — количество стыковых сварок продольных стержней на единицу длины.

Для второго полуцикла

$$\tau'_2 = n'\tau'_1 + \frac{l'_4}{v'_4} + t'_3,$$

где  $n'$  — количество стержней, подаваемых в накопительные трубы за один полуцикл;

$t'_3$  — время реверса электродвигателя тянущей каретки;

$v'_4$  — скорость перемещения тянущей каретки;

$l'_4$  — длина пути тянущей каретки в обе стороны.

Эти уравнения связывают между собой параметры процессов и систем. Совокупность процессов (полуциклов)  $\tau'_1$  и  $\tau'_2$  представляет собой полный цикл времени  $\tau'$ , необходимый для изготовления каркаса, т. е.  $\tau' = \tau'_1 + \tau'_2$ .

Определим критерии подобия. Для этого установим соотношения между параметрами модели и оригинала заведомо подобных процессов.

Так как процессы подобны, то

$$t'_1 = m_{t_1}t''_1; \quad t'_2 = m_{t_2}t''_2; \quad t'_3 = m_{t_3}t''_3; \quad l'_1 = m_{l_1}l''_1;$$

$$l'_2 = m_{l_2}l''_2; \quad l'_3 = m_{l_3}l''_3; \quad l'_4 = m_{l_4}l''_4;$$

$$v'_1 = m_{v_1}v''_1; \quad v'_2 = m_{v_2}v''_2; \quad v'_3 = m_{v_3}v''_3;$$

$$v'_4 = m_{v_4}v''_4; \quad k'_1 = m_{k_1}k''_1; \quad n'_1 = m_{n_1}n''_1;$$

$$\tau'_1 = m_{\tau_1}\tau''_1; \quad \tau'_2 = m_{\tau_2}\tau''_2;$$

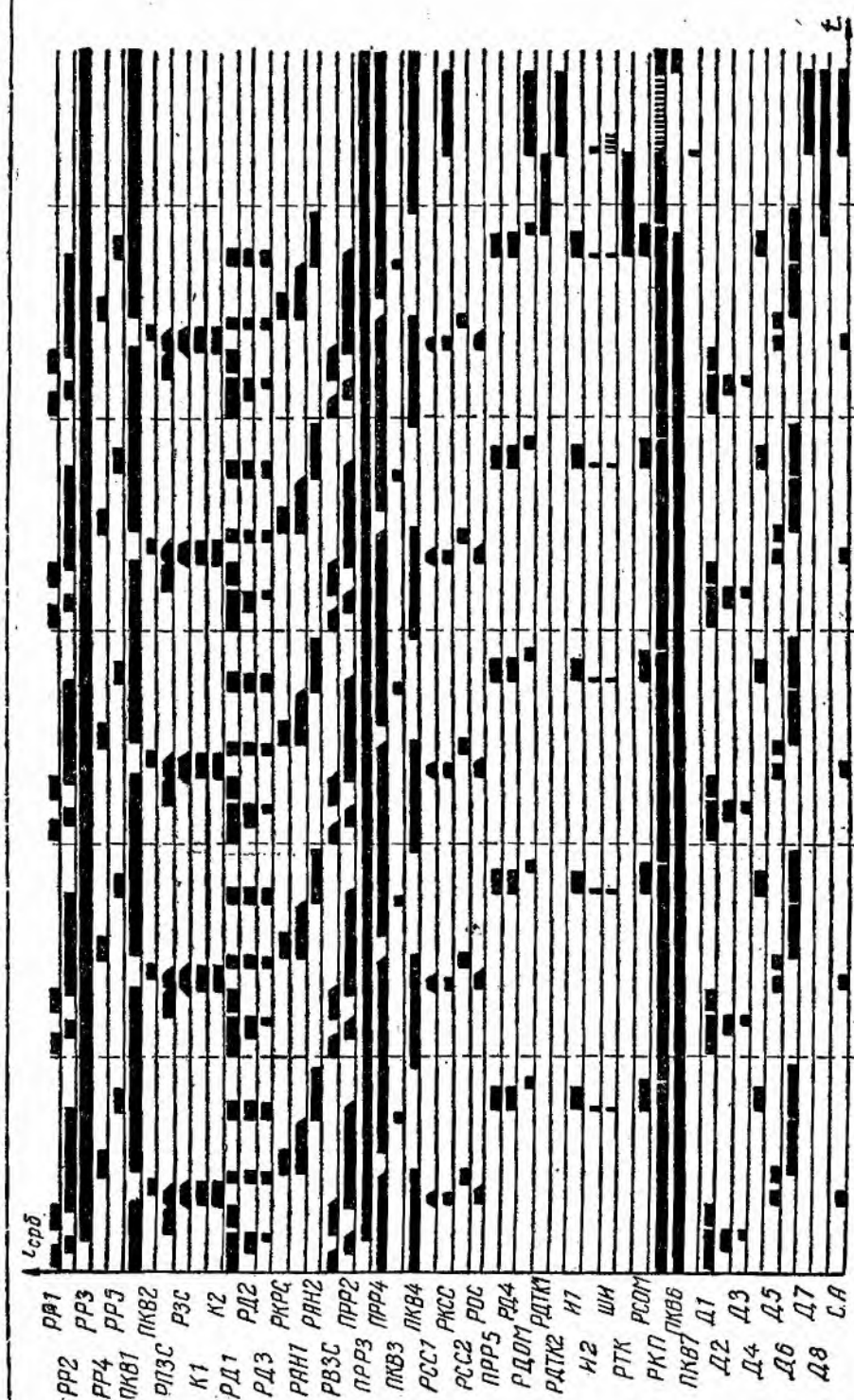


Рис. 3.

Выражение процесса для второго полуцикла запишем в виде

$$\tau'_1 - T'_1 - \frac{L'_1}{v'} = 0,$$

где

$$T'_1 = k't'_1 + t'_2; \quad \frac{L'_1}{v'} = \frac{l'_1}{v'_1} + \frac{l'_2}{v'_2} + \frac{l'_3}{v'_3},$$

$$1 - \frac{T'_1}{\tau'_1} - \frac{L'_1}{v'} = 0.$$

Так как  $m_{i_1} = m_{i_2}$ ;  $m_{i_1} = m_{i_2} = m_{i_3}$  и  $m_{v_1} = m_{v_2} = m_{v_3}$ , то

$$1 - \frac{m_{i_1}}{m_{\tau_1}} \frac{T'_1}{\tau'_1} - \frac{m_{i_1}}{m_{\tau_1} m_{v_1}} \frac{L'_1}{\tau'_1 v'} = 0.$$

Полученное уравнение однородное, поэтому

$$1 = \frac{m_{i_1}}{m_{\tau_1}} = \frac{m_{i_1}}{m_{\tau_1} m_{v_1}}.$$

Заменяя масштабы отношениями сходственных параметров, находим

$$\frac{\frac{T'_1}{T'_1}}{\frac{\tau'_1}{\tau'_1}} = 1; \quad \frac{\frac{L'_1}{L'_1}}{\frac{\tau'_1 v'}{\tau'_1 v'}} = 1,$$

где  $T'_1$ ,  $\tau'_1$ ,  $L'_1$ ,  $v'$  — параметры модели.

$T'_1$ ,  $\tau'_1$ ,  $L'_1$ ,  $v'$  — параметры оригинала.

В критериальной записи получим

$$\pi_1 = \frac{T_1}{\tau_1} = \text{idem}; \quad \pi_2 = \frac{L_1}{\tau_1 v_1} = \text{idem}.$$

Выражение процесса для второго цикла запишем в виде

$$\tau'_2 - n'\tau'_1 + T'_2 + \frac{l'_4}{v'_4} = 0,$$

где

$$T'_2 = t'_3;$$

$$1 - \frac{n'\tau'_1}{\tau'_2} + \frac{T'_2}{\tau'_2} + \frac{l'_4}{\tau'_2 v'_4} = 0;$$

$$1 - \frac{m_n m_{\tau_1}}{m_{\tau_2}} \frac{n'\tau'_1}{\tau'_2} + \frac{m_{i_2}}{m_{\tau_2}} \frac{T'_2}{\tau'_2} + \frac{m_{i_4}}{m_{\tau_2} m_{v_4}} \frac{l'_4}{\tau'_2 v'_4} = 0.$$

Последнее уравнение однородное, поэтому

$$\frac{m_n m_{\tau_1}}{m_{\tau_2}} = \frac{m_{i_2}}{m_{\tau_2}} = \frac{m_{i_4}}{m_{\tau_2} m_{v_4}} = 1.$$

Заменяя масштабы отношениями сходственных параметров, находим

$$\frac{\frac{n'_1 \tau'_1}{n'_1 \tau'_1}}{\frac{\tau'_2}{\tau'_2}} = 1; \quad \frac{\frac{T'_2}{T'_2}}{\frac{\tau'_2}{\tau'_2}} = 1; \quad \frac{\frac{l'_4}{l'_4}}{\frac{\tau'_2 v'_4}{\tau'_2 v'_4}} = 1.$$

В критериальной записи получим

$$\pi_3 = \frac{n\tau_1}{\tau_2} = \text{idem}; \quad \pi_4 = \frac{T_2}{\tau_2} = \text{idem}; \quad \pi_5 = \frac{L_2}{\tau_2 v_2} = \text{idem}.$$

Автоматическая линия внедрена в производство на Часов-Ярском заводе товарного бетона и железобетонных изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. В. А. Веников. Применение теории подобия и физического моделирования в электротехнике. Госэнергоиздат, 1949.
  2. Л. И. Седов. Методы подобия и размерности в механике. Гостехтеориздат, 1957.
  3. В. А. Веников. Теория подобия и моделирование применительно к задачам электроэнергетики. Изд-во «Высшая школа», 1966.
-