



УДК 621.31:621.771.06-88

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПРОКАТНОГО СТАНА МЕТОДОМ ЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ

Андрей Анатольевич Мальцев

к.т.н., доцент кафедр ФН-7 и МТ-10 МГТУ им Н.Э. Баумана
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru

Беляков Юрий Иванович

к.т.н., доцент кафедры ФН-7 МГТУ им Н.Э. Баумана
e-mail: belpmm@mail.ru

Аннотация

По таблице истинности технического состояния (работоспособное или неработоспособное) записано в дизъюнктивной нормальной форме булево выражение работоспособности электропривода рабочих валков прокатного стана. Логическая функция работоспособности электропривода реализована логическими элементами «И», «ИЛИ» и «НЕ». Вычислена вероятность безотказной работы электропривода.

Ключевые слова: алгебра Буля, металлургия, безотказность, электропривод.

INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF THE ELECTRIC DRIVE OF A ROLLING MILL BY THE METHOD OF LOGICAL CIRCUITS

Andrey A. Maltsev

associate professor, BMSTU ФН-7 and МТ-10 Departments
e-mail: a.a.mal@bmstu.ru

Yuri I. Belyakov

associate professor, BMSTU ФН-7 Department
e-mail: belpmm@mail.ru

ABSTRACT

According to the truth table of the technical condition (functional or non-functional), the Boolean expression of the efficiency of the electric drive of the working rolls of the rolling mill is written in disjunctive normal form. The logical function of the electric drive operability is implemented by the logical elements "AND", "OR" and "NOT". The probability of failure-free

operation of the electric drive is calculated.

Keywords: Buhl algebra, metallurgy, reliability, electric drive.

Введение

Объект исследования — электропривод рабочих валков прокатного стана, представляющий собой сложную электромеханическую систему, к надежности которой предъявляются достаточно высокие требования (рис. 1).

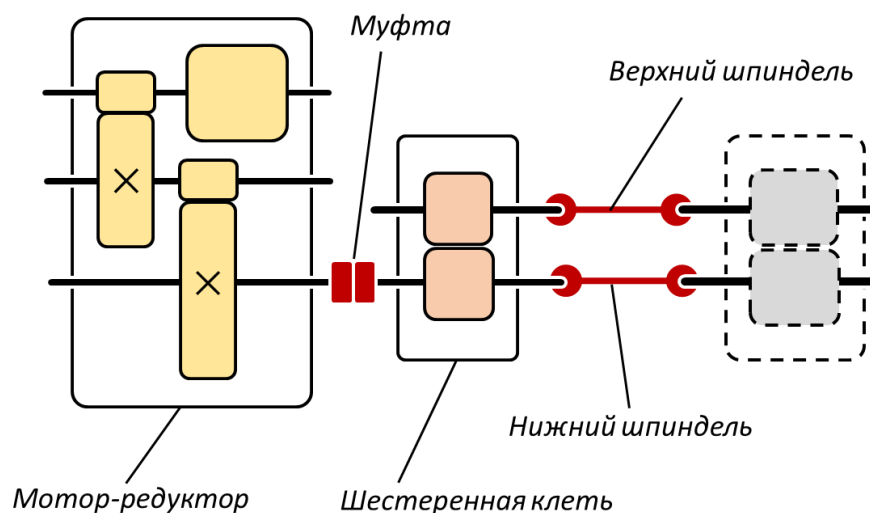


Рис. 1. Кинематическая схема электропривода:
(рабочая клет и рабочие валки показаны пунктиром,
поскольку они не входят в состав электропривода)

Предмет исследования — структурная надежность электропривода, к показателям которой относятся показатели безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Цель исследования — методом логических схем вычислить вероятность безотказной работы электропривода — вероятность того, что электропривод может приводить во вращение рабочие валки, прокатывающие металлическую заготовку, в производственных условиях для заданного интервала времени.

Задача исследования — изобразить структурную схему надежности электропривода, составить таблицу истинности, записать булево выражение и реализовать логическую функцию работоспособности электропривода на логических элементах «И», «ИЛИ» и «НЕ».

Материалы и методы исследования

Исходные данные — взятые из научной статьи [1] структурная схема надежности электропривода (рис. 2) и показатели вероятности безотказной работы блоков этой схемы (табл. 1).

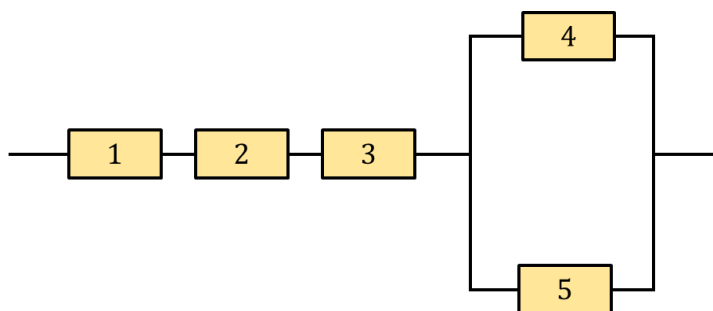


Рис. 2. Структурная схема надежности электропривода:

- 1 – мотор-редуктор;
 2 – муфта;
 3 – шестеренная клеть;
 4 – верхний шпиндель;
 5 – нижний шпиндель

Таблица 1.

Показатели безотказности блоков структурной схемы

Наименование элемента (блока)	Вероятность	
	безотказной работы	отказа
Мотор-редуктор	$P_1 = 0,86$	$G_1 = 0,14$
Муфта	$P_2 = 0,95$	$G_2 = 0,05$
Шестеренная клеть	$P_3 = 0,83$	$G_3 = 0,17$
Верхний шпиндель	$P_4 = 0,91$	$G_4 = 0,09$
Нижний шпиндель	$P_5 = 0,91$	$G_5 = 0,09$

Методика расчета показателей вероятности безотказной работы деталей и узлов прокатных станов приведена в учебном пособии [2].

Метод исследования – метод логических схем с использованием Булевой алгебры, описанный в ГОСТ Р 51901.14-2005 «Менеджмент риска. Метод структурной схемы надежности» и в книге [3].

Метод основан на поиске «путей успеха» системы – таких путей, проходящих через комбинации (последовательно-параллельные соединения) блоков структурной схемы, которые обеспечивают работоспособность всей системы ($Y = 1$).

Пусть A_1, A_2, A_3, A_4, A_5 – события, состоящие в том, что блоки 1, 2, 3, 4, 5 находятся в работоспособном техническом состоянии, причем P_1, P_2, P_3, P_4, P_5 – вероятности безотказной работы этих блоков.

Тогда $\overline{A_1}, \overline{A_2}, \overline{A_3}, \overline{A_4}, \overline{A_5}$ – события, состоящие в том, что наступил отказ (потеря работоспособности) блоков 1, 2, 3, 4, 5, причем G_1, G_2, G_3, G_4, G_5 – вероятности отказа этих блоков.

Пути работоспособности электропривода (рис. 3) приведены в таблице истинности (табл. 1):

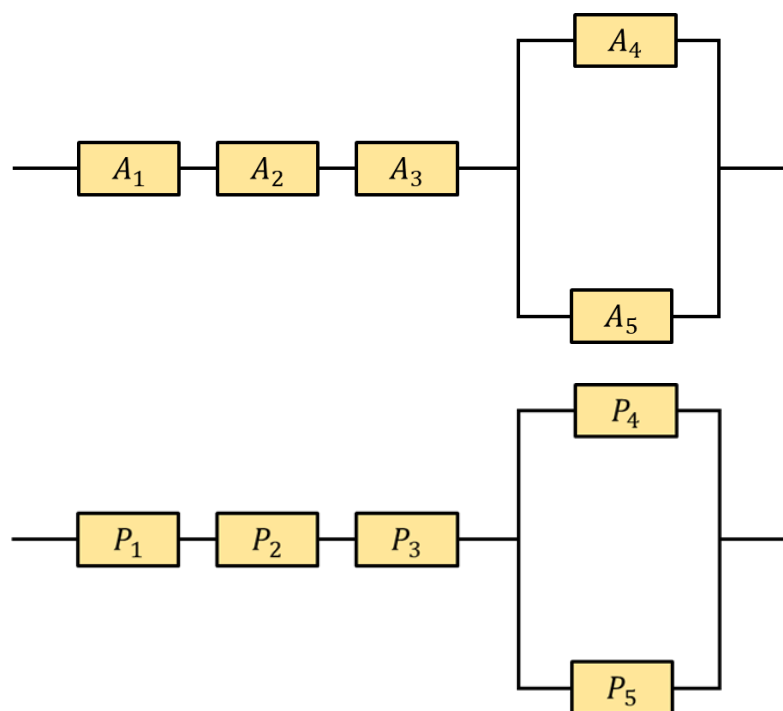


Рис. 3. Пути работоспособности электропривода

Таблица 1.

Таблица истинности: 1 – работоспособное состояние; 0 – отказ

A_1	A_2	A_3	A_4	A_5	Y
0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0
0	0	0	1	1	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0
0	0	1	1	0	0
0	0	1	1	1	0
0	1	0	0	0	0
0	1	0	0	1	0
0	1	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0
0	1	1	0	0	0
0	1	1	0	1	0
0	1	1	1	1	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	0	0	1	1	0

1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1

По таблице истинности записано в дизъюнктивной нормальной форме Булево выражение:

$$A_1 A_2 A_3 \overline{A_4} A_5 + A_1 A_2 A_3 A_4 \overline{A_5} + A_1 A_2 A_3 A_4 A_5 = Y. \quad (1)$$

Выражение (1) минимизировано с помощью теорем булевой алгебры [4]:

$$A_1 A_2 A_3 \overline{A_4} A_5 + A_1 A_2 A_3 A_4 (\overline{A_5} + A_5) = Y; \quad (2)$$

$$A_1 A_2 A_3 \overline{A_4} A_5 + A_1 A_2 A_3 A_4 \cdot 1 = Y. \quad (3)$$

$$A_1 A_2 A_3 \overline{A_4} A_5 + A_1 A_2 A_3 A_4 = Y. \quad (4)$$

Булево выражение (4) реализовано логическими элементами (рис. 4):

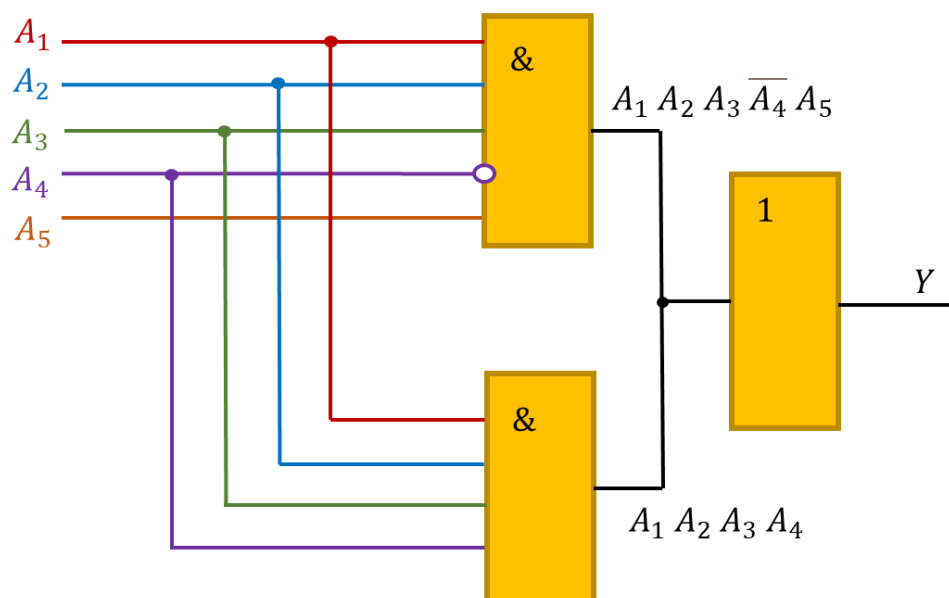


Рис. 4. Реализация логической функции
 $Y = f(A_1, A_2, A_3, A_4, A_5)$

Полученные результаты

Вычислена вероятность безотказной работы электропривода

$$P_1 P_2 P_3 \overline{P_4} P_5 + P_1 P_2 P_3 P_4 = P. \quad (5)$$

$$P_1 P_2 P_3 G_4 P_5 + P_1 P_2 P_3 P_4 = P. \quad (6)$$

$$0,86 \cdot 0,95 \cdot 0,83 \cdot 0,09 \cdot 0,91 + 0,86 \cdot 0,95 \cdot 0,83 \cdot 0,91 \approx 0,657. \quad (7)$$

Выводы

1. Кинематическая схема (см. рис. 1) позволила определить структуру надежности электропривода рабочих валков производственного прокатного стана с учетом характера взаимодействия его деталей и узлов (блоков).

2. По таблице истинности технического состояния (см. табл. 1) записано в дизъюнктивной нормальной форме булево выражение работоспособности электропривода рабочих валков прокатного стана.

3. Вычислена вероятность безотказной работы электропривода рабочих валков прокатного стана ($P \approx 0,657$).

4. Логическая функция работоспособности электропривода рабочих валков прокатного стана $Y = f(A_1, A_2, A_3, A_4, A_5)$ реализована на логических элементах «И», «ИЛИ» и «НЕ».

5. Разработана функциональная схема (см. рис. 4) нового электронного устройства, предназначенного для оценки надежности электропривода.

Список литературы

1. Мальцев А.А., Тронников А.И. Оценка вероятности безотказной работы электропривода прокатного стана. — [Электронный ресурс] Оригинальные исследования (ОРИС), 2020, № 10. — С. 149 - 155. — Режим доступа: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-10-2020/a230100>
2. Яковлев Р.А. Расчет надежности соединений и передач прокатных станов. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. — 60 с.
3. Проников А.С. Параметрическая надежность машин. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. — 560 с.
4. Васильев И.А., Люминарская Е.С. Исследование и проектирование комбинационных логических схем в программной среде Multisim. Методические указания к выполнению лабораторной работы. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2018. — 21 с.

References

1. Maltsev A.A., Tronnikov A.I. Assessment of probability of failure-free operation of the rolling mill. — [Electronic resource] Original research (ORES), 2020, No 10. — P. 149 - 155. — Access mode: <https://ores.su/ru/journals/oris-jrn/2020-oris-10-2020/a230100> [in Russian].
2. Yakovlev R.A. Calculation of reliability of connections and transmissions of rolling mills. — Moscow: BMSTU, 2005. — 60 p. [in Russian].
3. Pronikov A.S. Parametric reliability of machines. — Moscow: BMSTU, 2002. — 560 p. [in Russian].
4. Vasiliev I. A., Lyuminarskaya E. S. Research and design of combinational logic circuits in the Multisim software environment. Methodical instructions to performance of laboratory works. — Moscow: BMSTU, 2018. — 21 p. [in Russian].