ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА
Том 161 1967

ЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ ВЕЛИЧИНЫ ЛИТЕЙНЫХ ДЕФЕКТОВ РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

А. И. ЗАЙЦЕВ, В. И. МИХАЛЕВ, Л. В. ПЕРФИЛЬЕВ, М. П. ТАБИНСКИЙ

(Рекомендована научным семинаром электромеханического факультета)

В настоящее время нет четкого критерия для определения допустимой величины литейного брака обмотки коротко-замкнутого ротора. Для оценки качества изготовленного ротора, кроме наружного осмотра литой клетки, на моторостроительных заводах проводят испытание собранного двигателя на так называемую ПЗР (полноту заливки ротора), под которой понимают отношение колебания тока короткого замыкания к его максимальному значению при медленном проворачивании ротора, выраженное в процентах $\left(\frac{I_{макс} - I_{мин}}{I_{макс}} \cdot 100\right)$. По этому критерию косвенным образом можно судить о наличии литейных дефектов в роторе, поскольку колебания тока короткого замыкания вызываются в основном несимметрией роторной обмотки (магнитная несимметрия в цилиндрическом роторе маловероятна). Электромоторостроительными заводами допускаются дефекты ротора, при которых колебания тока при испытании двигателя на ПЗР получаются не более 5%.

В [1] описана установка для определения литейных дефектов роторов асинхронных двигателей до механической обработки ротора. Выходной величиной установки является напряжение, пропорциональное литейному дефекту. Поскольку некоторое количество дефектов в роторе допустимо, авторами предложена логическая схема для автоматического пересчета показаний установки в величину колебание тока короткого замыкания при испытании двигателя на ПЗР, которая получится, если испытуемый ротор будет обработан и установлен в асинхронном двигателе.

Экспериментальным путем можно выявить прямую связь между определенными дефектами ротора и колебаниями тока короткого замыкания. Для этого в обмотке заведомо исправного ротора преднамеренно создается дефект, после чего двигатель испытывается на ПЗР. Установлено, что процент колебания тока короткого замыкания по абсолютной величине примерно равен процентному изменению активного сопротивления ротора, если рассматривать ротор как параллельное соединение N_2 активных сопротивлений, причем N_2 равно числу пазов ротора.

Если обозначить через R активное сопротивление стержня, через N_2 — число стержней, образующих обмотку ротора, δ — коэффициент, показывающий, во сколько раз изменилось сопротивление R_c в результате дефекта литья ($\delta \geqslant 1 \div \infty$), то изменение сопротивления параллельного соединения стержней, выраженное в процентах, можно подсчитать по формуле

$$\Delta R\% = \frac{R_2 - R_1}{R_1} \cdot 100 = \left(\frac{N_2}{N_2 - K + \frac{1}{\delta_1} + \frac{1}{\delta_2} + \ldots + \frac{1}{\delta_к}} - 1 \right) \cdot 100. \quad (1)$$

где $R_1 = \frac{R_c}{N_2}$,

$$\frac{1}{R_2} = \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_c} + \frac{1}{R_c} + \ldots + \frac{1}{R_c \cdot \delta_1} + \frac{1}{R_c \cdot \delta_2} + \ldots + \frac{1}{R_c \cdot \delta_к}.$$

$к$ – число дефектных стержней.

Пример 1: Ротор имеет обмотку, состоящую из $N_2 = 46$ стержней. Литейный дефект увеличения сопротивления одного стержня в два раза ($\delta_1 = 2$, $K = 1$)

$$\Delta R = \left(\frac{N_2}{N_2 - k + \frac{1}{\delta_1}} - 1 \right) \cdot 100 = \left(\frac{46}{46 - 1 + \frac{1}{2}} - 1 \right) \cdot 100 \approx 1{,}1\%.$$

Пример 2: В обмотке ротора при $N_2 = 46$ произошел обрыв одного стержня ($\delta_1 \approx = \infty$, $K = 1$)

$$\Delta R = \left(\frac{46}{46 - 1 + \frac{1}{\infty}} - 1 \right) \cdot 100 \approx 2{,}2\%.$$

Такое же значение отношения колебания тока короткого замыкания к максимальному току было получено при испытании двигателя на ПЗР.

Результаты некоторых экспериментов занесены в табл. 1.

Таблица 1

Тип двигателя	Число стержней ротора	Характер брака			(по формуле 1)	ПЗР %
		K	δ_1	δ_2		
КО-12—6	46	1	2	—	1,1	1
КО-12—6	46	1	∞	—	2,2	2,2
КО-12—6	46	2	∞	∞	4,5	5
А 42,4	26	1	2	—	1,8	2
А 42/4	26	1	∞	—	4	4,95
А 42/4	26	2	∞	∞	8,3	13

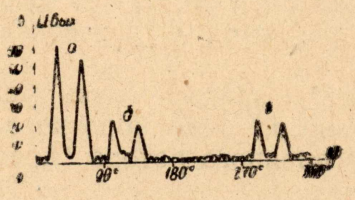

Рис. 1.

На осциллограммах (рис. 1) зарегистрирована форма выходного напряжения в установке для обнаружения литейных дефектов роторов, при наличии в роторе следующих дефектов: увеличение сопротивления стержня в результате сужения в два раза (а), обрыв одного стержня (б), обрыв двух стержней, расположенных рядом. Как видно из осциллограммы рис. 1, выходное напряжение состоит из двойных импульсов треугольной формы с фронтом длительностью 0,1 *сек.*, с амплитудой, пропорциональной дефекту ротора.

Для построения логической схемы автоматического пересчета сигналов, имеющихся в выходном напряжении установки, в результат испытания двигателя на ПЗР, выходное напряжение классифицируется по величине на 4 уровня, по два импульса в каждом уровне. Импульсам отдельных уровней присвоен ранг, выраженный в процентах. Сумма рангов одного уровня равна % ПЗР, соответствующего определенному виду литейного брака (табл. 2).

Таблица 2

Уровень выходного напряжения	Величина напряжения	№ ПЗР	δ	Ранг одного импульса
1	10	1	2	0,5
2	20	2	∞	1
3	30	3	$\delta_1=2;\ \delta_2=\infty$	1,5
4	40	4	$\delta_1=\delta_2=\infty$	2

Функциональная схема автоматического пересчета сигналов выходного напряжения установки в процент ПЗР приведена на рис. 2.

Схема состоит из входного устройства ВУ, счетной схемы СС и индикаторного узла ИУ.

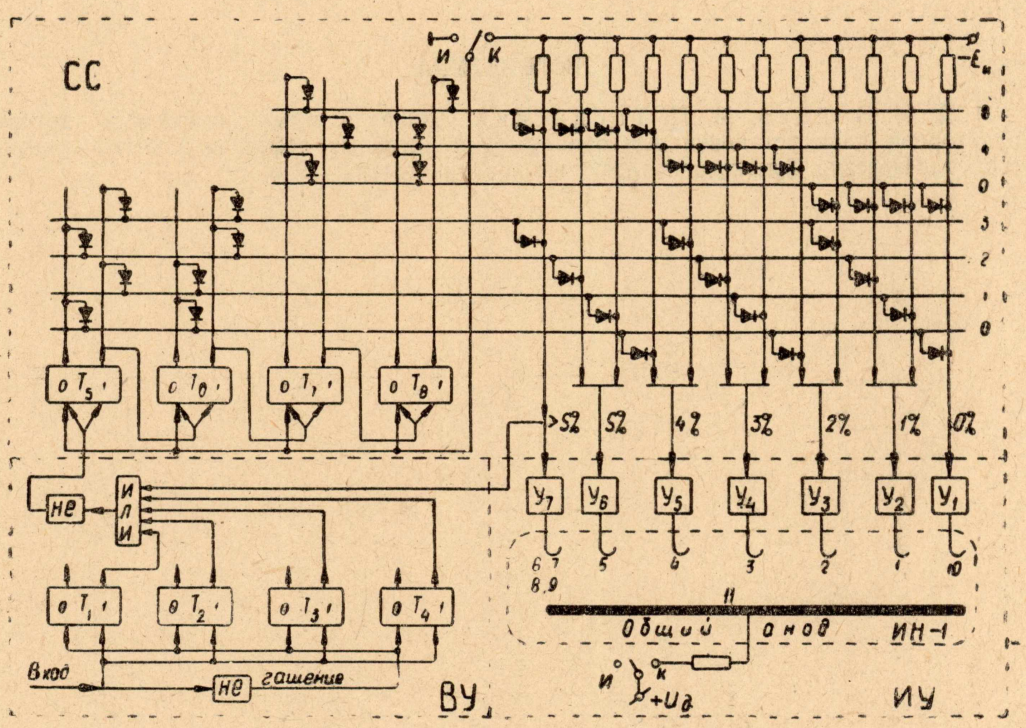

Рис. 2.

ВУ предназначено для преобразования линейно возрастающих сигналов с длительностью фронта порядка 0,1 сек. и амплитудой до 40 *в* в число импульсов с интервалом квантования 10 *в/имп.*

Для реализации такого устройства применены статические триггера с раздельным входом ($T_1 \div T_4$), уровень запуска которых настраивается от 10 до 40 *в* в соответствии с уровнями приходящих сигналов. При появлении, например, сигнала 40 *в* сработают последовательно во времени 4 триггера, настроенные соответственно на 10, 20, 30, и 40 *в*; при этом вырабатывается 4 импульса. При сигнале 20*в* сработают 2 триггера (T_1 и T_2) — вырабатывается 2 импульса и т. д. Выходные сигналы триггеров дифференцируются и объединяются по схеме ИЛИ.

Сформированные в ВУ импульсы поступают в счетную схему СС, состоящую из двоичного счетчика числа импульсов (триггеры $T_5 \div T_8$) и двоично-десятичного дешифратора, который выдает информацию о дефектах в обмотке ротора в соответствии с принятой шкалой.

Эта информация проходит в индикаторный узел ИУ, состоящий из усилителей $У_1 \div У_7$, с выхода которых сигналы поступают на катоды цифрового индикатора ИН-1, зажигая соответствующую проценту ПЗР цифру.

Выводы

Предложенная схема для автоматической оценки величины литейных дефектов ротора асинхронного двигателя отличается простотой и высокой надежностью. Она может найти применение на моторостроительных заводах для отбраковки роторов асинхронных двигателей непосредственно после заливки.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. И. Зайцев, М. П. Табинский. Анализ и схема замещения роторно-индукторной цепи установки для обнаружения литейных дефектов короткозамкнутых роторов. Известия Томского политехнического института, 1966.