

## КОМПЬЮТЕРНЫЕ АЛГОРИТМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ ИСКРЕНИЯ, РЕГИСТРИРУЕМОГО С ПОМОЩЬЮ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО АНАЛИЗАТОРА ИСКРЕНИЯ

Канд. техн. наук, доц. ЗЕЛИНЬСКИ В.

*Люблинский политехнический институт (Польша)*

Результат неправильной работы щеток и коллектора обычно проявляется в искрении. Коммутация может оцениваться на основании регистрации искрения щеток. Польские стандарты рекомендуют при оценке коммутации пользоваться пятиградусной шкалой искрения. Это – субъективный метод, позволяющий сравнить искрение отдельных машин в зависимости от внешнего освещения и опыта наблюдателя [1, 2]. Цель настоящей статьи – разработка методов измерения искрения, опирающихся не на субъективную зрительную информацию наблюдателя, а на результаты измерений, выполненные с помощью оптоэлектронного анализатора.

Для объективной оценки искрения щеток и косвенной оценки коммутационных свойств машины создан компьютерный оптоэлектронный анализатор искрения, состоящий из трех оптоэлектронных датчиков регистрации искр, секторов коллектора и некоего количества оборотов. Световые сигналы от искр передаются в систему аналогового преобразователя, где с помощью компараторов преобразуются в цифровые сигналы. Так, сформированный цифровой сигнал подразделяется на разные степени искрения амплитудными делителями и передается на вход компьютера [3].

Анализатор позволяет реализовать ряд алгоритмов, способных преобразовать световые сигналы, содержащие информацию о количестве искр в измерительном цикле, а также распределить их на десять классов в зависимости от интенсивности. Это дает возможность производить оценку искрения определенных секторов коллектора и всего коллектора при каждом очередном обороте и в полном измерительном цикле, а также контролировать его угловую скорость.

В статье приведены зарегистрированные компьютером основные показатели искрения, позволяющие оценить степень искрения определенных участков коллектора и вычислить величины средних световых сигналов или средних взвешенных в полном измерительном цикле контакта «щет-ка – коллектор» в машинах постоянного тока, а именно: количество искр в измерительном цикле, среднее взвешенное количество искр, интенсивность искры коллектора.

Для оценки искрения применены алгоритмы преобразованных световых сигналов как индивидуальных секторов коллектора, так и коллектора в целом.

**Компьютерные алгоритмы оценки искрения щеток.** Результаты измерений, выполненных анализатором искрения, и их сопоставление с результатами компьютерного моделирования пробегов в коммутирующих катушках [1], [2] способствуют объективной оценке качества коммутации.

Анализатор искрения, работающий бесконтактно, дает возможность:

- идентифицировать определенные секторы коллектора;
- контролировать цепь коллектора с точки зрения неровности каждого индивидуального сектора коллектора;
- контролировать скорость вращения;
- производить оценку искрения определенных секторов коллектора при каждом обороте и в полном измерительном цикле.

Ниже представлены некоторые характеристики искрения, преобразованные компьютером, которые позволяют оценить степень искрения определенных секторов коллектора, вычисляя прямые величины средних световых сигналов или взвешенных средних величин в полном измерительном цикле контакта «щетка – коллектор».

В машине постоянного тока с числом секторов коллектора  $K$  в течение измерительного цикла на секторах может возникнуть количество искр, вычисленных с помощью зависимости:

$$Z = \sum_{x=1}^K Y_x, \quad (1)$$

где  $Y_x$  – число всех искр, выступающих на  $x$  секторах коллектора.

Интенсивность искр, измеряемая потоком света, падающего на фотодиод, который генерирован искрами любого сектора коллектора, подразделяется на 10 классов в диапазоне от  $k = 1$  до  $k = 10$ .

Обозначив количество искр в секторе  $x$  с интенсивностью  $k$  как  $d_{xk}$ , получим сумму искр данного сектора

$$Y_x = \sum_{k=1}^{10} d_{x,k}. \quad (2)$$

Количество искр  $Z_k$  для  $k$ -й интенсивности всех  $K$  секторов коллектора можно записать следующим образом:

$$Z_k = \sum_{x=1}^K d_{x,k}. \quad (3)$$

Распределение числа искр на цепи коллектора представляет матрица, описываемая зависимостью:

$$[Z] = [Z_1, Z_2, \dots, Z_K]^T = \left[ \sum_{k=1}^{10} d_{1,k}, \dots, \sum_{k=1}^{10} d_{K,k} \right]^T. \quad (4)$$

Матрица  $Z$  информирует о числе искр каждого индивидуального сектора коллектора, тем самым делая возможным определение распределения искр на секторах коллектора в измерительном цикле:

$$Z = \sum_{x=1}^K \sum_{k=1}^{10} d_{x,k} = \sum_{x=1}^K Y_x. \quad (5)$$

Приняв линейную зависимость преобразованных сигналов от интенсивности искр, можно определить взвешенное число искр

$$Y_{xks} = kd_{x,k}. \quad (6)$$

Аналогично можно найти матрицу  $Z_s$ , связывающую взвешенные числа искр каждого сектора коллектора с интенсивностью искр:

$$[Z_s] = [Z_{1s}, Z_{2s}, \dots, Z_{Ks}]^T = \left[ \sum_{k=1}^{10} kd_{1,k}, \dots, \sum_{k=1}^{10} kd_{K,k} \right]^T = \left[ \sum_{k=1}^{10} Y_{1s}, \dots, \sum_{k=1}^{10} Y_{Ks} \right]^T. \quad (7)$$

Матрица  $Z_s$  отображает число искр для взвешенной интенсивности каждого индивидуального сектора коллектора в измерительном цикле. Суммируя элементы любой строки матрицы  $Z$ , получаем число искр соответствующего сектора  $x$  во время измерительного цикла  $T$

$$Y_x = \sum_{k=1}^{10} d_{x,k} \quad (8)$$

Средняя частота искрения каждого сектора во время измерительного цикла определяется зависимостью

$$Y'_x = \frac{1}{Tn} Y_x, \quad (9)$$

где  $n$  – скорость вращения машины;  $T$  – время измерительного цикла.

Если число искр любого сектора  $x$  коллектора отнести к целому числу искр во время измерительного цикла, то получим участие сектора  $x$  в создании искр в измерительном цикле. Это значение определяется следующим образом:

$$Q_x = \frac{Y_x}{Z}, \quad (10)$$

причем  $\sum_{x=1}^K kd_{x,k}$ .

Аналогично, суммируя элементы любой строки матрицы  $Z_s$ , получаем число искр взвешенной интенсивности любого сектора коллектора в измерительном цикле

$$Y_{xs} = \sum_{k=1}^{10} kd_{x,k}. \quad (11)$$

Условную среднюю интенсивность искры одного сектора можем определить

$$Y''_{xs} = \frac{Y_{xs}}{Y_x}, \quad (12)$$

а зависимость

$$Q_{xs} = \frac{Y_{xs}}{Z} \quad (13)$$

является мерой участия одного сектора в производстве суммарного числа искр взвешенной интенсивности во время измерительного цикла. Средняя частота искрения всех делений коллектора, определенная во время измерительного цикла, находится по формуле:

$$Z' = \frac{Z}{KTn}. \quad (14)$$

Среднюю интенсивность искры всего коллектора в измерительном цикле можно определить на основании зависимости

$$Z_s'' = \frac{Z_s}{Z}. \quad (15)$$

Используя (14) и (15), аналогично находим среднюю интенсивность искрения всего коллектора

$$Z_s' = Z'Z_s'' = \frac{Z_s}{KTn}. \quad (16)$$

Первый фактор  $Z'$  в (16) определяет относительную «искровую нагрузку» коллектора, второй элемент  $Z_s''$  – среднюю интенсивность искры.

**Предельные величины параметров.** Пользуясь зависимостями (9) и (12), можно определить предельные частоты искрения любого сектора коллектора  $x$  в отношении ко всем его коммутациям со щеткой

$$0 \leq Y'_{xs} = Y'_x Y'_{xs} \leq 10, \quad (17)$$

так как

$$0 < Y'_x = \frac{Y_x}{Tn} < 1; \quad (18)$$

$$1 \leq Y''_{xs} = \frac{Y_{xs}}{Y_x} \leq 10$$

при

$$Y_x \neq 0. \quad (19)$$

С помощью зависимостей (10) и (12) можно получить взвешенные предельные величины участия сектора  $x$  в отношении к полному числу искр

$$0 \leq Q_{xs} = Q_x Y''_{xs} \leq 10, \quad (20)$$

потому что

$$0 \leq Q_x = \frac{Y_x}{Z} \leq 1, \quad (21)$$

а также

$$1 \leq Y''_{xs} = \frac{Y_{xs}}{Y_x} \leq 10$$

для

$$Y_x \neq 0; \quad (22)$$

пользуясь зависимостями (14) и (15), вычисляем

$$0 \leq Z'_s = Z'Z_s'' \leq 1, \quad (23)$$

так как согласно (14), величина  $Z'$  заключена в промежутке, определяемом следующим выражением:

$$0 \leq Z' = \frac{Z}{KTn} \leq 1. \quad (24)$$

И согласно (15), а также приняв, что  $Z \neq 0$ , получим

$$0 \leq Z_s'' = \frac{Z_s}{Z} \leq 10. \quad (25)$$

Приведенные выше параметры искрения, преобразованные компьютером, полезны при оценке степени искрения отдельных секторов коллектора и позволяют определить величины средних световых сигналов или взвешенных средних величин в полном измерительном цикле контакта «щетка – коллектор».

### ВЫВОД

Применение предложенных измерительного метода и характеристик искрения, преобразованных компьютером, дает возможность относительно объективной оценки коммутации, а также позволяет определить экспериментальные корреляции между указателями искрения и условным субъективным указателем искрения.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Пашек В., Зелиньски В. Tests of dc machine commutation performed with a spark analyzer in comparison to the results of computer simulation of current waveforms in commutation coils // XXVII симпозиум электрических машин. – Гданьск, 1991. – С. 50–58.
2. Зелиньска М., Зелиньски В. Метод определения электромагнитных помех, возникающих на контакте щетка – коллектор в машинах постоянного тока, исходя с эмиссии световых искр, математические указатели искрения // VII симпозиум PTZE «Применение электромагнетизма в современных техниках и технологиях». – Краснобруд, 1997.
3. Зелиньска М., Зелиньски В. Determination of electromagnetic interference forming at the brush-commutator contact in direct current machines by means of a method based on luminous spark emission str. 93–96. Proceedings of seminar on electrical engineering «BESKIDY 97» // Conference Archives. – Vol. 4, 1997.

Представлена кафедрой  
электромашин

Поступила 9.07.2004