

## МОТОРНЫЕ ДРОССЕЛИ

Мирослав Лукевски<sup>1</sup>

<sup>1</sup> ELHAND TRANSFORMATORY  
e-mail : m.lukiewski@elhand.com.pl

Тиристорные преобразователи являются наиболее часто применяемыми системами питания и регулирования электрических двигателей. С целью улучшения механических характеристик и динамических свойств тиристорной приводной системы часто между двигателем и системой преобразователя устанавливают моторные дроссели.

Изготовителем однофазных ED1S и трёхфазных ED3S моторных дросселей является фирма ELHAND TRANSFORMATORY из Люблинца, Польша.

Моторные дроссели находят широкое применение в преобразовательных приводных системах, как постоянного, так и переменного тока. В зависимости от вида приводной системы, вместе с которой работают дроссели, они выполняют множество функций: обеспечение непрерывности и сглаживание пульсаций тока двигателя, минимализация тока короткого замыкания в цепи нагрузки преобразователя, а также ограничение коммутационных перенапряжений и компенсация ёмкости цепи питания.

### Задачи моторных дросселей в управляемых системах выпрямления

Пульсация выпрямленного тока в цепи двигателя, питающегося от управляемого выпрямителя, вызывает искрение под щётками и затрудняет процесс коммутации. Подобранный надлежащим образом моторный дроссель ED1S, установленный в цепи нагрузки выпрямителя, позволяет успешно ограничить величину первой гармоники тока до допустимого уровня (2–15) % номинального тока, зависящего от мощности и диапазона регулировки угловой скорости двигателя. Индуктивность цепи, необходимая для поддержания допустимой величины  $k$ -той гармоники тока  $\bullet I_k$  (%) в цепи, зная амплитуду переменной составляющей выпрямленного питающего напряжения  $U_{d_z}$ , определяется по формуле (1).

$$L_{ob} = \frac{U_{d_z} \cdot 100}{wkm\Delta I_k(\%)I_{d_n}}, \quad (1)$$

где:  $\tilde{\bullet}$  – пульсация,  $w$  – число фаз,  $k$  – кратность гармоники,  $I_{d_n}$  – величина номинального тока преобразователя,  $\bullet I_k(\%)$  – допустимая величина соответствующей гармоники тока.

Зная необходимую индуктивность цепи  $L_{ob}$  и индуктивность якоря машины  $L_t$ , можно определить индуктивность моторного дросселя ED1S, ограничивающего пульсацию тока в цепи нагрузки преобразователя (2) (рис 1).

$$L_{ED1S} = L_{ob} - L_t, \quad (2)$$

## ELHAND TRANSFORMATORY

Следует помнить, что магнитный материал сердечника и конструкция моторного дросселя должны обеспечить сохранение постоянной индуктивности при токе якоря, равным двойной величине номинального тока. Это условие вытекает из токовой перегрузки преобразователя.

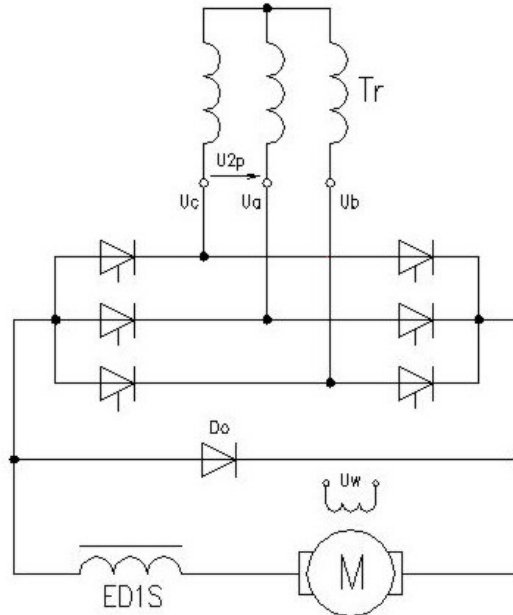


рис.1 Упрощённая схема симметричного трёхфазного мостика.

Отсутствие непрерывности протекания тока в цепи, питающей двигатель, вызывает отрицательные изменения в ходе механических характеристик двигателя и приводит к ухудшению динамических свойств привода. По этой причине, одной из самых важных задач моторного дросселя ED1S является обеспечение как можно более широкого диапазона провозждения непрерывного тока в выходной цепи преобразователя. Этот ток принимает характер прерываемого тем чаще, чем меньше значения тока и индуктивности нагрузки. Определяя граничное значение тока нагрузки  $I_{dgr}$  так, как представлено на рис. 1, и зная тип и параметры цепи преобразователя, можно определить минимальную величину индуктивности цепи  $L_{ob}$ , которая обеспечит протекание непрерывного тока нагрузки преобразователя. Для

системы трёхфазного преобразовательного мостика (рис.1) она составляет (3).

$$L_{ob} = \frac{1}{w} \left( 0.126 \frac{U_{2p}}{I_{dgr}} \sin a - 2X_a \right), \quad (3)$$

где:  $I_{dgr}$  – граничное значение тока нагрузки преобразователя, при котором наступает изменение характера тока в цепи,  $X_a$  – реактивное сопротивление фазы анодной цепи,  $U_{2p}$  – наименьшее линейное напряжение, питающее преобразователь.

## ELHAND TRANSFORMATORY

На основании индукции цепи и параметров питаемой машины можно легко определить индуктивность моторного дросселя ED1S (4), который, будучи установленным в сети, обеспечит непрерывный характер тока двигателя.

$$L_{ED1S} = L_{ob} - L_t, \quad (4)$$

где:  $L_{ob}$  – индуктивность цепи, вычисленная по формуле (3),  $L_t$  – индуктивность якоря, установленная на основании типа и технических параметров машины.

### РОЛЬ МОТОРНЫХ ДРОССЕЛЕЙ В ПРИВОДНЫХ СИСТЕМАХ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

Выходные напряжения инверторов – это последовательность прямоугольных импульсов регулируемой ширины и частоты. Скорость нарастания импульсов протекания напряжения является очень большой, что представляет опасность для изоляции питаемых машин. Ограничение скорости нарастания напряжения, а в результате снижение риска повреждения изоляции двигателя, достигается путём установки между двигателем и инвертором моторного дросселя типа ED3S (рис.2).

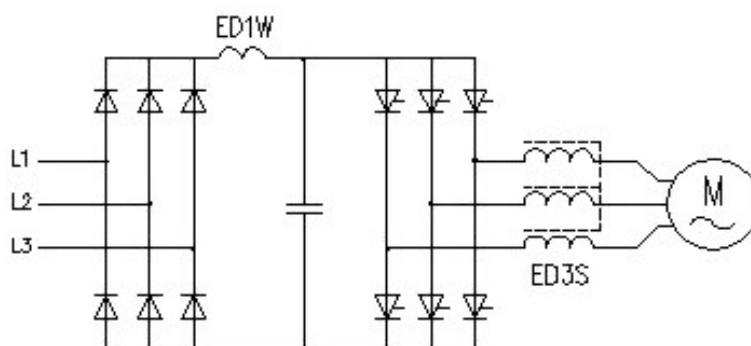


рис.2 Упрощённая схема преобразователя, питающего клеточный двигатель.

Моторные дроссели ED3S используются также для ограничения тока короткого замыкания до момента срабатывания защиты и выключения тока в цепи. Зачастую подбор соответствующей индукции моторного дросселя является единственной возможностью защиты тиристорных (транзисторных) преобразовательных систем (рис.2). Подбор индуктивности моторного дросселя ED3S зависит от максимальной величины тока короткого замыкания в цепи. Этот ток не может быть больше неповторяемого пикового значения тока тиристора  $I_{TSM}$ .

В практике часто возникает необходимость подведения напряжения к приводам, значительно удалённым от источника питания. Длинные питающие линии обладают большими ёмкостями, которые способствуют увеличению потерь мощности в цепи. Моторный дроссель ED3S, кроме защиты изоляции машины, компенсирует ёмкость питающей линии, а также ограничивает гармоники и коммутационные перенапряжения в цепи двигателя. В переприёмной цепи преобразователя с целью выравнивания пульсации и обеспечения непрерывности выпрямленного тока устанавливается дроссель ED1W. Оптимальный выбор его индукции имеет существенное влияние на работу всей приводной системы.

### СТРОЕНИЕ МОТОРНЫХ ДРОССЕЛЕЙ

Моторные дроссели в зависимости от вида приводной системы и условий, в которых они будут работать, выпускаются в однофазном или трёхфазном исполнении, морском или сухопутном. Номинальные токи таких дросселей достигают величины сотен ампер, а индуктивности находятся в диапазоне нескольких десятков миллигенри. Эксплуатационные требования и вытекающие из них технические параметры, приводят к тому, что готовые магнитные устройства имеют значительные размеры.

Обмотки моторных дросселей чаще всего выполняются из круглого медного обмоточного провода, а в случаях больших токовых нагрузок – из профильного провода или ленты. Сердечник из кремнистой стали выполнен из листов толщиной (0,25-0,5) мм. После установки сердечника и обмоток, дроссели подвергаются вакуумной импрегнации, которая способствует уменьшению потерь мощности и повышает надёжность выпускаемых элементов. После этого дроссели оборудуются зажимами или кабельными башмаками, крепёжными уголками и, в случае необходимости, транспортными держателями. Заключительным этапом изготовления моторных дросселей является серия проверок на электроиспытательной станции, проводимых в соответствии с действующими обязывающими нормами.

### Литература

- [1] Жиборски Й., Липски Т. *Страховка диодов и тиристоров* WNT W-wa 1979
- [2] Łastowiecki J. *Elementy magnetyczne w układach napędowych* WNT W-wa 1982
- [3] Барлик Р., Новак М. *Тиристорная техника* WNT W-wa 1994
- [4] Новак М., Барлик Р. *Пособие инженера энергоэлектронщика* WNT W-wa 1998
- [5] Кучевски Z. *Энергоэлектроника* WNT W-wa 1980
- [6] CIRCUTOR – *Filtering reactors* каталог 2000