

Донецкий национальный технический университет

ДИСКРЕТНЫЙ ФОРМИРОВАТЕЛЬ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Представлено спосіб перетворення струму, який полягає у тому, що в споживачі підсумовуються в часі струми джерела.

Представлен способ преобразования тока, заключающийся в том, что в потребителе суммируются во времени токи источника.

The method of transformation of current is represented, which consists that the currents of source are added up in an user in time.

Работа посвящена устройствам, преобразующим значение электрического тока.

Актуальность ее обусловлена возможностью снизить материалоемкость и повысить надежность потребителей электрического тока, в частности, электродвигателей.

Сущность дискретного преобразования состоит в том, что ток потребителя, например, обмотки двигателя, создается суммированием токов во времени (а не в пространстве витками, как в известных устройствах). Это дает возможность получить необходимую МДС одним витком или без витков в традиционном их понимании (можно ли назвать беличью клетку состоящей из витков?).

Отсутствие многovitковой обмотки обуславливает отсутствие межвитковой изоляции. Это позволяет снизить сечение обмотки, паза магнитопровода, следовательно, объем и массу электрической машины.

Отсутствие межвитковой изоляции исключает ее пробой и тем повышает надежность электрической машины.

Трехфазная машина, питаемая от дискретного преобразователя тока, представляет собой статор и ротор с обмотками типа беличьей клетки.

Дискретный способ преобразования применяется в устройствах, называемых бестрансформаторными преобразователями. Как правило, эти устройства используются в качестве источников вторичного питания. Появление силовых ключей мощностью порядка 10^6 ВА и импульсных конденсаторов энергоемкостью порядка 10^7 Дж/м³ позволило применить дискретное преобразование в силовой электроэнергетике, например [1, 2].

Применение дискретной технологии преобразования электроэнергии эффективно только при наличии теоретической основы, аналитических зависимостей, связывающих выходной ток с параметрами дискретного преобразователя.

Цель статьи – представить эти зависимости.

Исследуемый преобразователь организует процесс передачи энергии от источника потребителю так, что порции энергии источника последовательно запаиваются в конденсаторе и передаются потребителю, где накапливаются и используются в виде энергии магнитного поля.

Схема преобразования представлена на рис. 1.

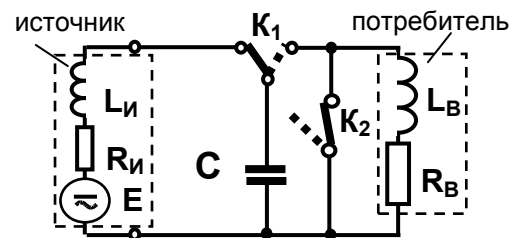


Рис. 1. Схема дискретного преобразования

Устройство содержит источник питания E , с индуктивностью $L_{И}$ и сопротивлением $R_{И}$; полупроводниковый коммутатор K_1 , соединяющий попеременно конденсатор с источником питания и потребителем; конденсатор C , в котором заряды от источника E накапливаются и передаются в потребитель; полупроводниковый коммутатор K_2 , который соединяет начало и конец потребителя для возможности протекания тока когда конденсатор отсоединен от него; потребитель тока (обмотка возбуждения электрической машины, обмотка электромагнита), обладающий индуктивностью $L_{В}$ и сопротивлением $R_{В}$. В индуктивности создается необходимый ток возбуждения.

Устройство работает следующим образом. Соединяют коммутатором K_1 электрический конденсатор C с источником питания E , коммутатор K_2 замкнут. От источника E проходит ток, заряжающий конденсатор C по цепи $E - R_{И} - L_{И} - K_1 - C - E$. Когда конденсатор зарядится и ток источника питания станет равным нулю, коммутатор K_1 отсоединяет конденсатор C от источника и подключает его к нагрузке. Одновременно размыкается K_2 , ток проходит по цепи $C - K_1 - L_{В} - R_{В} - C$. Этот ток разряжает конденсатор, так что напряжение на нем снижается, а ток нагрузки увеличивается. В момент, когда напряжение на конденсаторе станет равным нулю, коммутатор K_1 отсоединяет его от потребителя. Одновременно замыкается K_2 , ток проходит по цепи $K_2 - L_{В} - R_{В} - K_2$.

Указанная последовательность операций периодически повторяется, причем максимальному току возбуждения соответствует минимальный период, а для получения тока возбуждения, меньшего максимального, период увеличивают за счет промежутка времени между отключением конденсатора от обмотки возбуждения и подключением его к источнику.

При таком способе обеспечить необходимый магнитный поток может обмотка, состоящая из одного витка. Этот виток имеет сечение, равное суммар-

ному сечению проводников витков традиционной обмотки. По этому витку проходит ток, равный произведению числа витков традиционной обмотки на ток в каждом витке традиционной обмотки.

Возможность обеспечить необходимый магнитный поток одним витком обусловлена тем, что ток потребителя не проходит через источник питания, а замыкается через конденсатор C или ключ K_2 .

Ниже приведено математическое описание процессов, обеспечивающих описанную технологию.

Энергия, запасенная в конденсаторе C за время подключения его к источнику E

$$W_C = \frac{1}{2}CU_C^2, \quad (1)$$

где C – емкость конденсатора, U_C – напряжение на конденсаторе в конце заряда.

За время разряда конденсатора на индуктивность L_B энергия магнитного поля изменится на

$$\Delta W_L = \frac{1}{2}L_B(i_{iP}^2 - i_0^2). \quad (2)$$

где L_B – индуктивность потребителя, i_0 – ток в момент подключения конденсатора к индуктивности, i_{iP} – ток в момент t_P , момент окончания разряда конденсатора на индуктивность.

В течение периода работы ключей часть энергии магнитного поля индуктивности L_B рассеивается на активном сопротивлении нагрузки R_B , количество этой энергии

$$W_R = R_B i_{CP}^2 T, \quad (3)$$

где $i_{CP} = (i_{iP} + i_0) / 2$.

Принимается допущение о равенстве порций энергии, исшедшей из источника, запасенной в конденсаторе, переданной в индуктивность и рассеянной за период. Это допущение возможно при достаточной малости потерь в ключах, соединительных проводах и тому подобное:

$$W_C = \Delta W_L = W_R.$$

На основании этого допущения получены выражения для токов источника и нагрузки в зависимости от параметров преобразователя.

$$I_H = 1,25E \sqrt{\frac{C}{TR_H}}, \quad (4)$$

$$I_B \cong E \sqrt{\frac{C}{TR_B(1 + \Omega^2 \tau_B^2)}}. \quad (5)$$

Здесь обозначены: I_H – ток источника, действующее значение, E – ЭДС источника, действующее значение, T – период дискретизации, коммутации ключей,

$\rho_H = \sqrt{L_H / C}$ – волновое сопротивление контура заряда конденсатора, L_H – индуктивность источника питания, R_B – омическое сопротивление потребителя тока, $\Omega = 2\pi f$ – частота источника питания, $\tau_B = L_B / R_B$ – электромагнитная постоянная времени потребителя тока.

Адекватность зависимостей (4) и (5) проверена моделированием в программе Matlab – Simulink, схема модели представлена на рис. 2, а.

Модель собрана из библиотечных элементов программы, для определения действующих значений

токов применена совокупность элементов, реализующая формулу действующего значения.

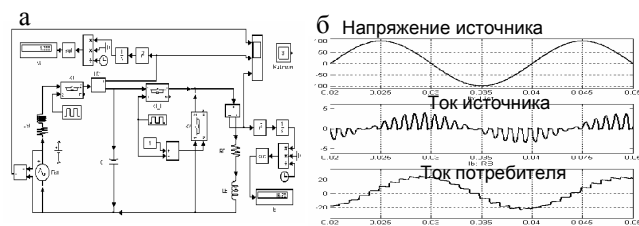


Рис.2. Моделирование дискретного преобразователя: а – Simulink модель, б – осциллограммы

На рис. 2,б представлены осциллограммы входных напряжения и тока и выходного тока преобразователя.

В эксперименте варьировались величины, входящие в формулы (4) и (5) в качестве аргументов. Частота напряжения источника E принята 50 Гц.

Отклонение экспериментальных от теоретических значений токов составило несколько процентов.

Таким образом, для формирования электрического тока в потребителе может быть использован электрический конденсатор, периодически подключаемый к источнику и потребителю. При этом ток потребителя зависит от периода подключения.

Это дает возможность обеспечить необходимую МДС одним витком и управлять магнитным потоком изменением значения периода при неизменном напряжении источника.

Список использованной литературы

1. Иванов А.М., Иванов С.А. Комбинированные энергоустановки с ИКЭ – основа эффективного использования топливно-энергетических ресурсов XXI века // Электротехника. – 2003. – №12. – С. 2 – 6.
2. Повышающе-понижающие регуляторы переменного напряжения и непосредственные преобразователи частоты / Г.С.Зиновьев, Е.Ю.Левин, А.Е.Обухов, В.И.Попов // Электротехника.– № 11.– 2000.– С. 16-20.

Получено 29.06.06



Чашко Марк Васильевич,
к.т.н., доцент ДонНТУ,
Артема, 58, Донецк, 83000.
моб.: 80504743874, e-mail:
mark@pautina.dn.ua