

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СХЕМЫ ЗАМЕЩЕНИЯ ОБМОТКИ СТАТОРА АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ АНАЛИЗЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Расчёт импульсных перенапряжений, возникающих в обмотках асинхронных двигателей (АД), питаемых от инвертора с широтно-импульсной модуляцией напряжения, принято проводить с помощью схем замещения [1-4]. При этом обмотка статора АД представляется в виде цепи с распределенными параметрами. Точность расчета при этом зависит от ее структуры и величин параметров, зависящих от конструкции и свойств материалов обмотки. Обобщенная схема замещения бесконечно малого участка обмотки представлена на рис. 1.

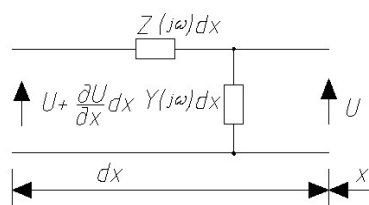


Рис. 1. Обобщенная схема замещения бесконечно малого участка обмотки статора АД:
 $Z(j\omega)$ – эквивалентное комплексное сопротивление продольной ветви схемы замещения, Ом/м;
 $Y(j\omega)$ – эквивалентная комплексная проводимость поперечной ветви, См/м

Параметры схемы определяются расчётным или экспериментальным путем [1,3-4]. Существующие методики расчёта параметров схемы замещения (особенно для вьспной обмотки) сложны и оперируют большим количеством снижающих точность допущений [1,3]. Поэтому на практике удобнее определять параметры экспериментально; на основе снятых амплитудно-частотной (АЧХ) и фазо-частотной (ФЧХ) характеристик обмотки [2]. Это позволяет определить только эквивалентные сопротивление и проводимость. Величины параметров схемы (сопротивлений, емкостей и индуктивностей) определяются с учетом структуры схем замещения продольной и поперечной ветвей обмотки. Схема замещения продольной ветви и варианты исполнения схемы замещения поперечной ветви показаны на рис. 2 [1,4].

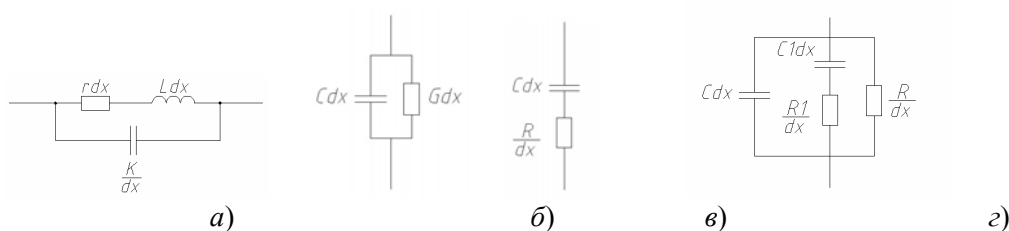


Рис. 2. Структура схемы замещения продольной ветви (а) и варианты исполнения схемы замещения поперечной ветви (б–г):

L – индуктивность последовательной ветви обмотки с учетом само- и взаимной индуктивности, Гн/м; r – активное сопротивление параллельной ветви с учетом потерь в стали на вихревые токи, Ом/м;

K – частичная емкость между первым и последним витками вдоль параллельной ветви, Ф/м;

C, Cl – частичные емкости проводников относительно корпуса Ф/м;

G – активная проводимость, эквивалентная электрическим потерям в корпусной изоляции, См/м;

R, Rl – сопротивления, эквивалентные электрическим потерям в корпусной изоляции, Ом/м

Параметры параллельной ветви схемы замещения при использовании схем замещения, приведенных на рис. 2, б, в, определяются однозначно из АЧХ [1, 3], что удобно. Однако, найденные данным способом параметры сильно зависят от частоты, что при определенных условиях может привести к существенному искажению результатов расчёта. Для того, чтобы этого избежать, необходимо рассчитывать параметры схемы замещения для отдельных гармоник или же изменить существующую схему замещения таким образом, чтобы зависимость ее параметров от частоты проявлялась слабо или не проявлялась вообще. Одним из таких способов является применение последовательно-параллельной схемы замещения (рис. 2, г), которую часто используют в схемах замещения кабелей [4]. Ее применение возможно и в модели обмотки статора. Отметим, что резонансные явления схема не учитывает и это является недостатком метода.

Для определения индуктивности L , сопротивления r и емкости K последовательной ветви (рис. 2, а) удобно построить зависимость комплексной проводимости от частоты на основе ранее полученных АЧХ и ФЧХ. Сложность здесь состоит в том, что необходимо определить три параметра, зависящих от частоты, а уравнений можно составить всего два, что не позволяет решить систему однозначно. Поэтому в [3] предлагается определять расчётным путем емкость K и после этого решать систему из двух уравнений с двумя неизвестными. Отметим, что в [3] предполагается, что K не зависит от частоты. Исследования, проведенные на кафедре электрических машин СПбГПУ, показали, что это предположение справедливо только для машин малой мощности. Более простым и точным способом является определение частотной зависимости активного сопротивления r на основе расчета потерь в стали сердечника и обмотке статора от вихревых токов с помощью метода конечных элементов.

Выполненные нами расчёты показали, что в области высоких частот сопротивление, эквивалентное потерям в стали на вихревые токи, по величине значительно превосходит активное сопротивление самой обмотки. Это означает, что указанное сопротивление не зависит от типа обмотки, а определяется лишь геометрией зубцовой зоны.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Белассел Моханд-Тахар, Беспалов В.Я. Электротехника. 2005. № 1. С. 44 – 48.
2. Исследование влияния свойств и конструкции изоляции на характер распределения импульсов напряжения по обмотке статора асинхронного двигателя, питаемого от инвертора с широтно-импульсной модуляцией / Ватаев А.С. // Автоматизация, энергетика, компьютерные технологии. Сборник научных трудов. Выпуск 1.– Псков: Изд-во ППИ, 2007.– с. 96 – 100.
3. Каганов З.Г. Электрические цепи с распределенными параметрами и цепные схемы. М.: Энергоатомиздат, 1990. 248 с.
4. Moreira Alessandro F., Lipo Thomas A., Venkataramanan Giri, Bernet S. IEEE Trans. Ind. Appl. 2002. Vol. 38. No 5. P. 1297 – 1306.