

УДК. 621.313.322

С.А. Васильева, студент гр. 5Г3А (НИ ТПУ)
Научный руководитель Е.Е. Суворкова, ассистент (НИ ТПУ)
г. Томск

СИНХРОННЫЙ ГИБРИДНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ КАК ОСНОВНАЯ АЛЬТЕРНАТИВА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В последние годы все увеличивающееся внимание к разработке новых конструктивных видов электродвигателей для регулируемых электроприводов предполагает создание новых типов электрических машин, например, гибридных двигателей. В статье рассмотрен синхронный гибридный двигатель (СГД), ротор которого на 70 % по конструкции подобен ротору синхронно-реактивной машины и на 30 % ротору синхронного двигателя с постоянными магнитами, как одна из альтернатив асинхронному двигателю. Основная доля мощности СГД определяется синхронно-реактивной частью (СРЧ) ротора, а энергия постоянных магнитов магнитоэлектрической части (МЭЧ) используется для улучшения пусковых и регулировочных характеристик [1].

Целью статьи является получение дополнительного момента в синхронном гибридном двигателе по сравнению с асинхронным двигателем (АД), как одним наиболее часто используемых в промышленности. Рассмотрим данную возможность в синхронно-реактивной машине, вследствие того, что её ротор составляет большую часть ротора СГД.

Из [3] известно, что синхронно-реактивный двигатель (СРД) имеет более низкий момент чем асинхронный двигатель той же мощности. Тогда необходимо отметить, что момент СРД был увеличен до значения, превышающего момент АД, что далее требовало увеличения тока синхронно-реактивного двигателя в $\sqrt{2}$ раз, чем в асинхронном двигателе, что показано на векторных диаграммах рисунков 1 и 2 соответственно.

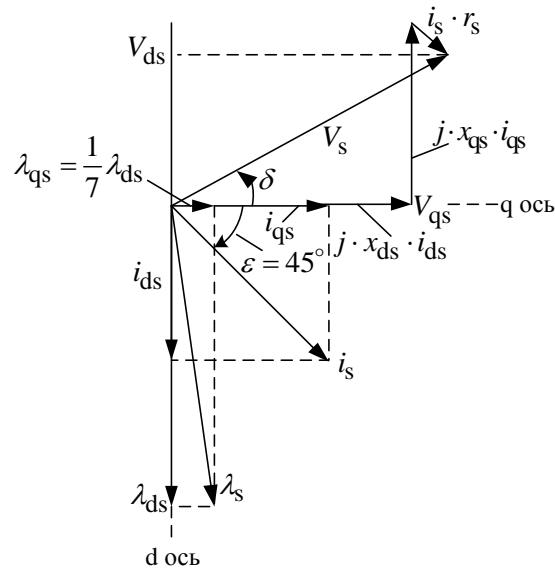


Рисунок 1. Векторная диаграмма СРД.

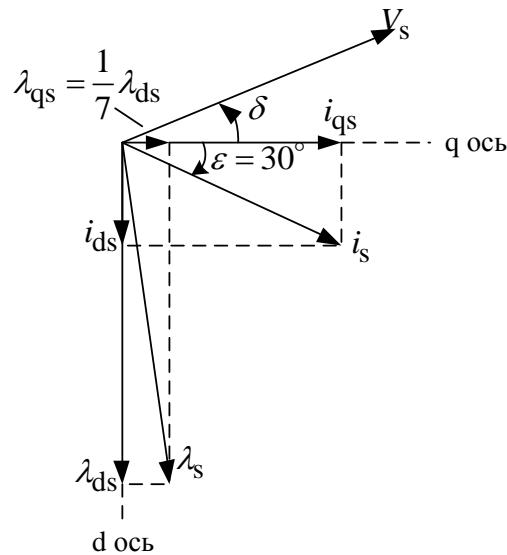


Рисунок 2. Векторная диаграмма СРД, статорный ток которого был увеличен $\sqrt{2}$ раз.

Увеличение тока приводит к потерям в синхронно-реактивном двигателе и, как следствие, СРД работает с более низким КПД, чем АД.

Данная проблема решается введением постоянных магнитов между ламинированными листами ротора, таким образом, чтобы постоянные магниты способствовали образованию дополнительного момента, что может быть подтверждено в соответствии с выражением (1):

$$M = \frac{3}{2} \cdot \frac{p}{2} \cdot (\lambda_{ds} \cdot i_{qs} - \lambda_{qs} \cdot i_{ds}), \quad 1)$$

где p – число пар полюсов, λ_{ds} , λ_{qs} - потокосцепления статора по осям d и q , i_{ds} , i_{qs} - токи статора по осям d и q .

Когда постоянный магнит находится по пути прохождения магнитного потока, проходящего через q -ось, выражения принимают вид:

$$\lambda_{ds} = L_{ds} \cdot i_{ds} \quad 2)$$

$$\lambda_{qs} = L_{qs} \cdot i_{qs} + \lambda_{mq(\text{п.м.})}, \quad 3)$$

где L_{ds} и L_{qs} – индуктивности по осям d и q , $\lambda_{mq(\text{п.м.})}$ - потокосцепление по оси q , с учетом расположенного в контуре магнита.

Зная, что $L_{ds} \neq L_{qs}$ можно записать

$$M = \frac{3}{2} \cdot \frac{p}{2} \cdot \left[(L_{ds} - L_{qs}) \cdot i_{qs} \cdot i_{ds} - \lambda_{mq(\text{п.м.})} \cdot i_{ds} \right]. \quad 4)$$

Анализируя выражение (4), можно увидеть, что в нем присутствуют как положительная величина $L_{ds} \cdot i_{qs} \cdot i_{ds}$, так и отрицательная - $L_{qs} \cdot i_{qs} \cdot i_{ds}$. В результате, поток по оси q создает момент близкий нулю, что первоначально происходит от взаимодействия потока оси d с током оси q . Теоретически можно считать, что максимальный момент синхронного реактивного двигателя достижим, если представляется возможным выполнить $L_{qs} = 0$, что может быть достигнуто при использовании второго члена выражения (4). При этом полагаем, что полярность магнитов противоположна положительному направлению, определяемому осью q (направление МДС статора вдоль оси q), тогда выражение (4) можно записать в виде [2]:

$$M = \frac{3}{2} \cdot \frac{p}{2} \cdot \left\{ L_{ds} \cdot i_{qs} \cdot i_{ds} - \left[L_{qs} \cdot i_{qs} + \lambda_{mq(\text{п.м.})} \right] \cdot i_{ds} \right\}. \quad 5)$$

Исходя из этого, второй член выражения, который производит отрицательный момент, может быть уменьшен до необходимой величины при помощи расположения магнитов на оси q ротора. Фактически индуктивность по оси q можно считать равной нулю.

На рисунке 3 изображена векторная диаграмма, показывающая влияние постоянного магнита, вследствие чего ток по оси q можно полностью не учитывать.

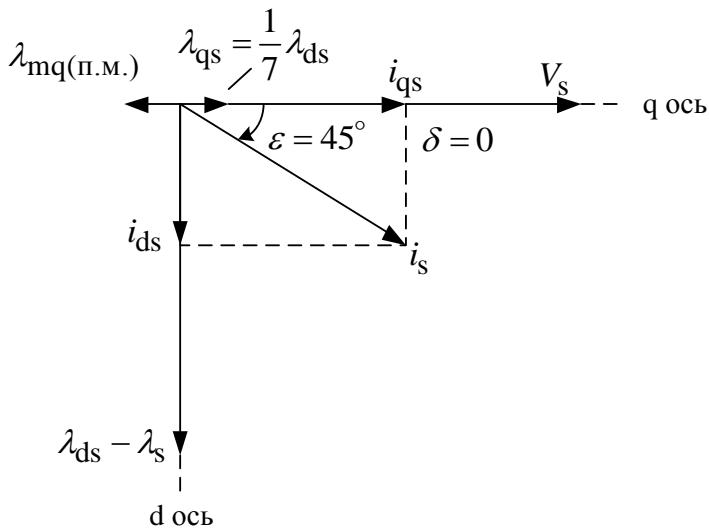


Рисунок 3. Векторная диаграмма СГД учитывающая рис.2.

Отмечено, что синхронный гибридный двигатель обладает более высоким КПД по сравнению с обычной синхронно-реактивной машиной за счет использования магнитов в СРЧ. Очевидно, что КПД может быть улучшен дополнительным сокращением компонента статорного тока по оси d .

Листы ротора СГД представлены на рисунке 4, из которого видно, что магниты размещены в больших пазах магнитоэлектрической части, а синхронно-реактивная часть выполнена на базе обычного неявнополюсного синхронно-реактивного двигателя.

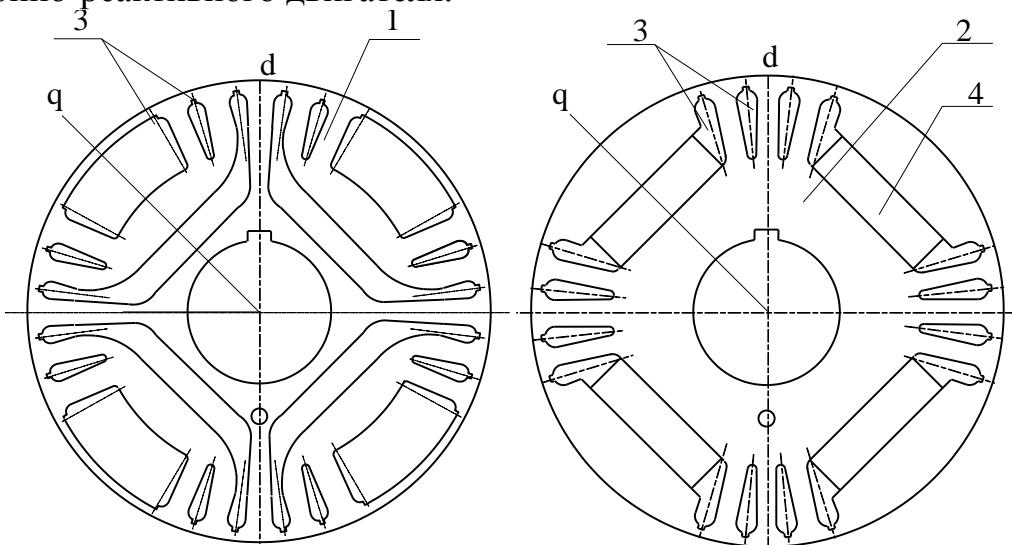


Рисунок 4. Листы ротора СРЧ и МЭЧ СГД:

1 – лист ротора СРЧ; 2 – лист ротора МЭЧ; 3 – пазы залитые алюминием; 4 – постоянные магниты.

В ходе анализа в данной статье показано, что синхронный гибридный двигатель (сочетающий в своей конструкции синхронно-реактивный и синхронный двигатель с постоянными магнитами) может быть использован для создания дополнительного момента, в сравнении с асинхронным

двигателем. И становится очевидным, что существует множество перспектив в области исследования возможностей регулируемых реактивных электроприводов переменного тока.

Список литературы:

1. Кононенко, Е.В. Синхронные реактивные машины. Автореферат докторской диссертации. – Томск, 1967. – 48 с.
2. Suvorkova, E. E., Burulko, L. K. Hybrid synchronous motor electromagnetic torque research, MATEC Web of Conferences [Electronic resource]. Vol. 19: The 2nd International Youth Forum “Smart Grids”, Tomsk, Russia, October 6-10, 2014.
3. Matsuo, T., Lipo, Thomas A. Field Oriented Control of Synchronous Reluctance Machine, Wisconsin Electric Machines and Power Electronics Consortium, 1993. – pp. 93-23.