

В свою очередь, изменение энергии, запасенной в аккумуляторной батарее, за интервал времени i можно представить как:

$$\Delta \mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{\Sigma i} \cdot N_{\text{эл}} \cdot \eta \cdot S - \mathcal{E}_i, \quad (2)$$

где $\mathcal{E}_{\Sigma i}$ - среднемесячные часовые суммы суммарной солнечной радиации на горизонтальную поверхность при средних условиях облачности, за i -ый промежуток времени, Вт·ч/м² [3]; $N_{\text{эл}}$ - количество солнечных элементов, шт; η - КПД солнечного элемента, о.е.; S - площадь солнечного элемента, м²; $\mathcal{E}_i$ - потребляемая дрифтером энергия за i -ый промежуток времени, Вт·ч.

При средних значениях $\mathcal{E}_{\Sigma} = 0,27$ кВт·ч/м², полученных для июня - августа [3], время автономной работы дрифтера составляет 2 - 3 месяца при числе солнечных элементов $N_{\text{эл}} = 36$ и схеме их соединения в 3 параллельные цепочки по 12 солнечных элементов.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Мысленков С.А., Самсонов Т.Е. Исследование течений на шельфе Черного моря с помощью ГНСС - мониторинга // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. - 2014. - N 3. - С. 62-70.
2. Хитерер М.Я., Овчинников И.Е. Синхронные электрические машины возврата - поступательного движения, СПб.: Корона принт, 2004.- 368 с.
3. Научно-прикладной справочник по климату СССР. С.-Пб: Гидрометеиздат, 1992.

Научный руководитель: А.Г. Васьков, к.т.н., ст. преподаватель МЭИ.

ВОЗМОЖНЫЕ ТОЛКОВАНИЯ ПРОЦЕССА САМОВОЗБУЖДЕНИЯ АСИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА ДЛЯ АВТОНОМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Д.А. Падалко
Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭКМ

Выполнен обзор по теме “Физика процесса самовозбуждения асинхронного генератора (АГ)”. Проанализированы области применения АГ в промышленности и на автономных объектах. Произведена

оценка основных трактовок причин самовозбуждения. Отмечены возможные преимущества предложенного направления развития асинхронных генераторов с самовозбуждением от полупроводниковых преобразователей.

Ключевые слова: асинхронный генератора, полупроводниковый преобразователь, емкостное возбуждение, трактовки самовозбуждения.

Одним из важнейших вопросов современной энергетики является создание высоконадежных и высокоэффективных систем генерирования электроэнергии. Особенно значимо это направление для автономных объектов, в авиационной промышленности, морских и речных судах, в автомобильных комплексах и т.д. Источники электроэнергии, предназначенные для автономных систем, кроме того должны удовлетворять таким требованиям, как простота конструкции, удобство обслуживания, компактность и высокие энергетические показатели (кВА/кг). Асинхронные генераторы соответствуют этим требованиям. Работы по исследованию генераторных комплексов на основе асинхронных машин ведутся как в России, так и за рубежом. Например, в Германии компанией Siemens, AEG, AKW[1], в Норвегии – ABB KraftAs и Corporate Research, в Швейцарии – Liaisons Electroniques Mecaniques[2]. Большой вклад в развитие теории АГ внесли советские ученые Анисимова Н.Д., Балагуров В.А., Нетушил А.В., Новиков А.В., Джинджубаев А.Р., Зубков С.К., Торопцев Н.Д., Лесник В.А., Кунцевич П.А., Паутов Д.Н., Попов А.Ю., Хватов С.В., Титов В.Г., Костырев М.Л. и другие деятели науки.

Асинхронные генераторы с емкостным самовозбуждением находят достаточно разнообразное применение в различных областях хозяйства, известно использование электрической асинхронной машины в качестве автономного источника тока[3]. Широкое распространение АГ так же получил в системах электроснабжения сельского хозяйства, одной из причин выбора именно данного типа генератора служила высокая надежность и простота обслуживания [4], также используется в установках электросварки, системах автоматики и телеуправления. Применение АГ в автономных объектах долгое время сдерживалось, в первую очередь, по причине отсутствия малогабаритных силовых конденсаторов, способных компенсировать реактивную мощность нагрузки и обеспечить возбуждение генератора. Вторым сдерживающим фактором является задача стабилизации параметров генерируемой электроэнергии, обеспечение постоянной амплитуды и частоты при переменной скорости вращения ротора. Использование АГ в автономных системах было рассмотрено в ряде ра-

бот. Так в своей работе Здзислав Гентковски рассмотрел модель с полупроводниковым преобразователем частоты, в том числе и с разрабатанным транзисторным (IGBT) источником реактивной энергии. В работе был исследован АГ емкостного возбуждения с улучшенными эксплуатационно-техническими характеристиками для автономных систем электроснабжения.

Возможные трактовки причин самовозбуждения асинхронного генератора

Как отмечалось, исследованию асинхронных генераторов посвящено большое количество работ, как в отечественной, так и в зарубежной литературе. В этих работах рассматриваются различные режимы работы генератора и решаются разнообразные задачи, выдвигаемые необходимостью практического применения. Наибольшее внимание по исследованию АГ уделяется явлению асинхронного самовозбуждения и раскрытию природы физического процесса самовозбуждения.

Одна из трактовок самовозбуждения АГ основывалась на явлении остаточного намагничивания [4], сопоставляя процесс возбуждения АГ с процессом в генераторе постоянного тока параллельного возбуждения. Остаточный магнитный поток ротора при этом является первоначальным импульсом для начала процесса самовозбуждения. В таком случае ЭДС статора наводится вращением ротора внешним моментом и согласно емкостной составляющей, создаваемый поток статора будет сонаправлен остаточному магнитному потоку, что дает увеличение суммарного потока, создающего в свою очередь большую ЭДС, таким образом происходит лавинообразный процесс увеличения значений тока и напряжения, до точки пересечения вольтамперной характеристики с характеристикой холостого хода.

Однако, при такой трактовке остаточный поток ротора создаст синхронное вращающееся магнитное поле статора, что противоречит теории энергетического преобразования в асинхронной машине, согласно которой скорость поля должна быть отлична от скорости ротора. Одним из литературных источников показывающих, что самовозбуждение АГ возможно без начального магнитного потока является статья [7], в которой приведены результаты опытов по возбуждению асинхронного генератора с ненамагниченным ротором, кроме того для окончательного подтверждения своих результатов, автор описывает процесс самовозбуждения АГ с ротором, выполненным из немагнитного материала.

Следующая трактовка пыталась объяснить самовозбуждение путем резонанса, в индуктивно-емкостном контуре линейной цепи, одна-

ко для возникновения резонанса необходимо наличие в статоре независимой возбуждающей ЭДС с частой равной частоте резонанса в $L - C$ цепи. Но даже при отсутствии вынуждающей ЭДС наблюдался процесс самовозбуждения, что показывало ошибочность данного суждения.

Наиболее вероятна трактовка самовозбуждения, как явления параметрического резонанса в контуре АГ – батарея конденсаторов, но подобная модель встречает сложности математического характера. Для подтверждения были проведены исследования самовозбуждения в различных электрических машинах. Для анализа самовозбуждения была рассмотрена система дифференциальных уравнений, описывающая переходные процессы и уравнения равновесия электрической цепи.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Murthy S.S., Malik O.P.: Analysis of self-excited induction generators. IEE Proc. C, v. 129, 1982, Nr 6, p. 260-265.
2. Ishiguro A. et al.: A novel control method for forced commutated cycloconverters using instantaneous values of input line-to-line voltages. IEEE Trans on Ind. Electr. v. 7, 1991, Nr 3.
3. Зубков Ю. Д. Асинхронные генераторы с конденсаторным возбуждением. -Алма-Ата: ШД-ЪО АН Каз. ССР, 1949, -112с.
4. Чернышев А. С. Разработка источника бесперебойного питания на базе асинхронной машины с инерционным накопителем энергии: Автореферат, дис. канд. техн. наук. -М., 1988.-20с.
5. Щумов Ю. Н. К расчету внешних характеристик автономного асинхронного генератора. -Изв. вузов. Электромеханика/1978, N7,С. 787-789.
6. Зубков Ю. Д. Асинхронные генераторы с конденсаторным возбуждением. -Алма-Ата: ШД-ЪО АН Каз. ССР, 1949, -112с.
7. Нетушил, А.В. Самовозбуждение асинхронного генератора / А.В. Нетушил, С.П. Бояр-Созонович, А.В. Китаев // Изв. вузов. Электромеханика. -1981.-№ 6. -С. 613-617.

Научный руководитель: А.Г. Гарганеев, д.т.н., зав. каф. ЭКМ ЭНИН ТПУ.