

Основным фактором, характеризующим распространение электро-магнитных волн в ферромагнитной среде, является непостоянство магнитной проницаемости  $\mu$  ( $H$ ). Для выполнения расчета поля с учетом этого фактора наиболее подходит метод аналогового моделирования многослойных структур, используемого для анализа ЛАД с составным вторичным элементом.

В соответствии с этим методом весь слой ферромагнитного материала разбивается на горизонтальные слои с однородными свойствами. Каждый слой характеризуется размером, удельным электрическим сопротивлением и магнитной проницаемостью, которая принимается в слое постоянной. Ее значение определяется по напряженности магнитного поля на нижней границе слоя с использованием кривой намагничивания. Связь между составляющими электромагнитного поля на верхней и нижней границах слоя определяется уравнением связи<sup>1</sup>.

Таким образом, можно определить параметры бегущего магнитного поля во всех областях ферромагнитного слоя.

М. М. Шевелев

## **Особенности тепловых процессов в силовых полупроводниковых приборах автономного инвертора напряжения электропривода переменного тока**

Большая теплоемкость охладителей силовых приборов (СП) электропривода позволяет при проектировании рассматривать средние значения потерь в автономном инверторе напряжения (АИН). Энергия потерь в полупроводниковых структурах (ПС) СП АИН и температура ПС СП имеют постоянную и переменную составляющие, которые определяются электромагнитными процессами в системе АИН – машина переменного тока.

Значительно меньшая теплоемкость полупроводниковой структуры силовых приборов определяет необходимость расчета как среднего значения, так и переменной составляющей температуры при проведении корректного проверочного расчета температуры ПС и определении требований к охладителю.

Для наиболее тяжелого режима работы АИН электропривода переменного тока с точки зрения энергетических потерь в СП – синусоидальной широтно-импульсной модуляции (ШИМ), максимальные пульсации температуры ПС соответствуют максимальной амплитуде и малой основной частоте фазного тока. Как правило, это единицы герц и ниже.

---

<sup>1</sup> Веселовский О. Н., Коняев А. Ю., Сарапулов Ф. Н. Линейные асинхронные двигатели. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.

Пульсация температуры ПС СП определяется как энергией потерь в открытом состоянии, так и энергией коммутационных потерь. Причем для большинства *IGBT* модулей при частоте ШИМ 1–3 кГц пульсации температуры, определяемые коммутационными потерями, соизмеримы с пульсациями температуры от потерь в открытом состоянии. При больших частотах ШИМ пульсации от коммутационных потерь можно считать определяющими.

В случае, когда амплитуда фазного тока АИН соответствует 50% допустимого длительного тока модуля *IGBT* третьего поколения и частоте ШИМ 1–3 кГц, следует ожидать величину пульсаций температуры ПС транзистора СП 8–10 °С, в случае 100% – 30 °С.

При определении температуры ПС диода СП, как правило, учитывают только потери в открытом состоянии. В двигательном режиме электропривода переменного тока основные потери в открытом состоянии приходится на транзисторы, в генераторном – на диоды.

Максимальная величина пульсаций температуры ПС может быть определена как разница между максимально возможным (для амплитудного значения тока) и средним значением температуры. Точное определение пульсаций температуры ПС СП возможно при использовании математической модели системы АИН – машина переменного тока и специальной математической модели теплового сопротивления ПС – теплоотводящее основание СП.

А. А. Щипанов

## **Система проектирования составов сварочных материалов на основе физико-химического моделирования**

В современных условиях существует проблема выработки месторождений минералов с повышенным содержанием необходимых для сварочных технологий компонентов. В связи с этим возникает проблема формирования составов сварочных флюсов и электродных покрытий из нетрадиционных минеральных источников, например, на основе техногенных отходов. Исследовательская деятельность в этой сфере позволяет рациональнее использовать природные минеральные ресурсы, эти исследования необходимы для производителей указанных выше сварочных материалов.

Использование вспомогательных сварочных материалов различного назначения, их совершенствование будет способствовать достижению наилучших показателей качества в изготовлении сварной продукции. Многообразие сталей вызывает потребность в проектировании наиболее подходящих для них по составу сварочных защитных материалов. Проектирование составов сварочных материалов является не единственным шагом к появлению инноваций. Наряду с проектированием составов должны проводиться химический анализ составов