

Д. Н. Паутов

АНАЛИЗ СХЕМ СВАРОЧНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НА БАЗЕ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ С КОНДЕНСАТОРНЫМ ВОЗБУЖДЕНИЕМ

Асинхронные генераторы с конденсаторным возбуждением находят широкое использование в промышленности. Перспективно их применение в качестве сварочных генераторов. В статье проведен анализ предложенных схем подобных генераторов в России и за рубежом, выявлены недостатки решений и проблемы, связанные с их проектированием и использованием.

Асинхронные генераторы с конденсаторным возбуждением или асинхронные самовозбуждающиеся генераторы (АСГ) широко применяются в промышленности, главным образом как автономные источники электропитания. Основные области использования АСГ: электроагрегаты и системы электропитания передвижных объектов, ветро- и гидроэнергетика малой мощности, автономные источники электропитания передвижных маломощных потребителей повышенной частоты (ручной инструмент и др.), высокоскоростные источники электропитания, асинхронные стартергенераторы с газотурбинным приводом и др. Кроме того, АСГ могут быть использованы в качестве датчиков технологической информации, скважинных генераторов электрической энергии [1].

Использование в вышеобозначенных областях связано со специфическими особенностями АСГ, такими как наличие верхней и нижней критической скорости самовозбуждения, минимального и максимального критических значений емкости возбуждения, небольшие габаритные размеры при достаточно большой мощности, возможность автономной работы, высокая прочность и устойчивость к центробежным нагрузкам [1]. Преимуществами асинхронных генераторов с конденсаторным возбуждением являются простота конструкции и технологии изготовления, высокая эксплуатационная надежность, значительная распространенность асинхронных машин. Таким образом, АСГ находят достаточно широкое практическое применение.

Еще одно важное направление практического использования АСГ — в качестве недорогого, надежного и простого в обслуживании сварочного генератора для сооружения и ремонта нефте- и газотрубопроводов. Оно обусловлено потребностями доставки жидких и газообразных углеводородов на большие расстояния из Западно-Сибирского и Восточно-Сибирского регионов в Европу.

Первый подобный генератор был предложен немецкими инженерами Э. Юлке и Ю. Дасселем в 1986 г. [2]. Он представлял собой бесщеточный сварочный генератор на базе асинхронной машины. Этот генератор имел обычный короткозамкнутый ротор в виде беличьей клетки и две трехфазные обмотки на статоре 8 (рис. 1). Причем нагрузка в виде сварочной дуги подключалась к первой обмотке 1, выполнявшей функции нагрузочной, через трехфазный мостовой выпрямитель 3, на выходе которого последовательно с выводами 9 нагрузки был включен сглаживающий дроссель 4. Вторая обмотка 2 выполняла роль обмотки возбуждения, и к ней были подключены электрические емкости (конденсаторы) 6, причем дополнительные отпайки 7 на этой обмотке позволяли также использовать ее для питания относительно маломощных потребителей переменного тока. Последняя особенность, хотя и расширяла область применения генератора, в то же время являлась его недостатком, так как требовала повышенной емкости конденса-

торов и приводила к тому, что в режиме холостого хода намагничивающий ток оказывался больше номинального в несколько раз.

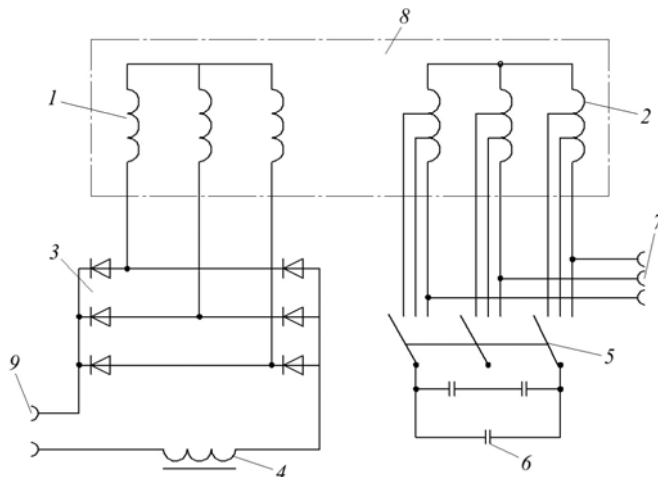


Рис. 1. Схема двухобмоточного сварочного генератора Юлке и Дасселя

Следующей работой в этом направлении явилось изобретение литовских инженеров П. И. Костраускаса, В.-Ю. А. Жалиса и др. [3]. Конструкция предложенного ими асинхронного сварочного генератора также содержала две трехфазные обмотки на статоре и короткозамкнутый ротор (рис. 2).

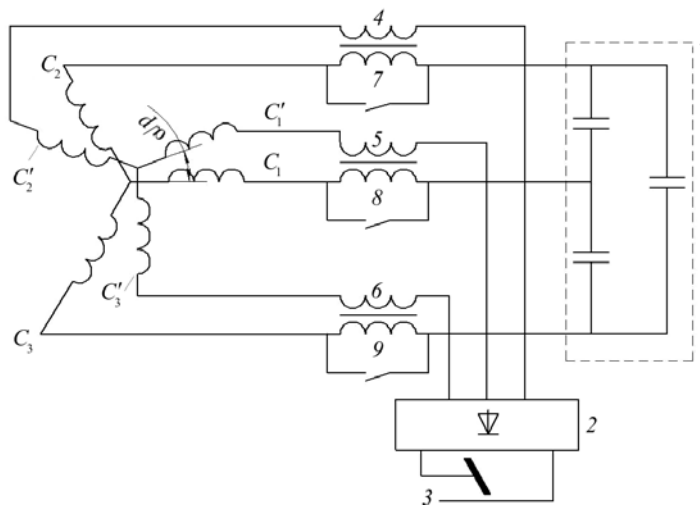


Рис. 2. Схема двухобмоточного сварочного генератора Костраускаса и Жалиса

Первая обмотка $C_1C_2C_3$, служившая обмоткой возбуждения, имела клеммы для подключения конденсаторной батареи 1. Вторая обмотка $C'_1C'_2C'_3$, выполнявшая функции рабочей, в свою очередь имела клеммы для подключения сварочного электрода 3 через выпрямитель 2. Переключатели 7–9 предназначены для замыкания соответствующих обмоток компаундирующих трансформаторов 4–6 в режиме самовозбуждения генератора при холостом ходе. Характерной особенностью этого генератора являлось то, что рабочая обмотка была смещена относительно обмотки возбуждения по направлению

вращения ротора на угол α . При этом в конструкции использовался трехфазный компаундирующий трансформатор, первичные обмотки которого были подключены к фазам обмотки возбуждения, а вторичные включались к одноименным фазам рабочей обмотки.

Принцип действия генератора основан на том, что в обмотке возбуждения наводится ЭДС и протекает емкостный ток, вследствие вращения ротора генератора. Ток вызывает в обмотке возбуждения продольную намагничивающую реакцию. При замкнутых выключателях 7–9 поток магнитный в воздушном зазоре увеличивается до номинальной величины, вследствие намагничивающей реакции обмотки возбуждения. Благодаря этому ЭДС рабочей обмотки также достигает номинальной величины. При размыкании выключателей и создании нагрузки рабочей обмотки (создание дуги сварочным электродом) наступит номинальный режим работы данного асинхронного сварочного генератора.

Недостатком этой схемы было присутствие компаундирующего трансформатора, что увеличивало вес и массу сварочной установки и приводило к дополнительным потерям и увеличению стоимости сварочной установки в целом. Кроме того, вносимое сопротивление первичной обмотки трансформатора резко менялось при переходе от режима холостого хода к режиму короткого замыкания компаундирующего трансформатора в процессе сварки. А это обстоятельство резко затрудняло обеспечение процесса емкостного самовозбуждения и сильно снижало надежность сварочного генератора. Наличие шунтирующих выключателей также усложняло конструкцию сварочной установки и снижало ее надежность.

Следующим шагом в направлении совершенствования конструкции сварочных генераторов на базе асинхронных машин явилось предложение А.-З. Р. Джендубаева, сделанное в 1998 г. [4].

Конструкция сварочного генератора состояла по-прежнему из короткозамкнутого ротора и уже трех трехфазных обмоток 1–3 на статоре (рис. 3). Катушки статорных обмоток охватывали пакеты зубцов статора, расположенных аксиально один за другим. Торцы зубцов с двух сторон бочки статора заканчивались кольцевыми ярами. Первая обмотка статора соединялась соответственно с первой батареей конденсаторов 4, вторая — со второй батареей конденсаторов 5, а третья обмотка через выпрямительное устройство 6 была подключена к нагрузке 7, которой являлась сварочная дуга.

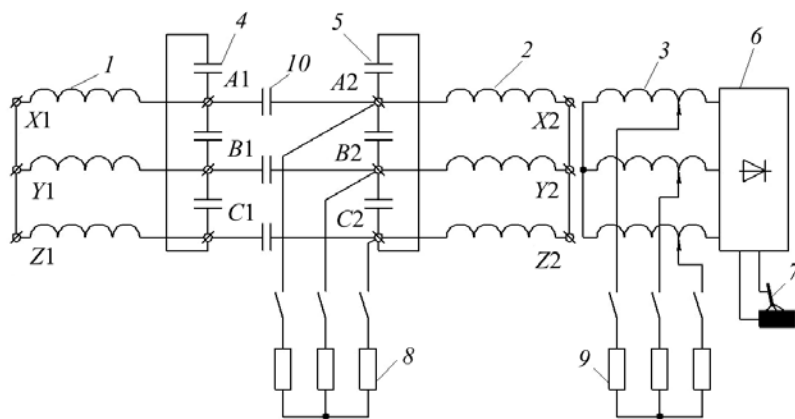


Рис. 3. Схема сварочного генератора с тремя трехфазными обмотками на статоре

Кроме того, в конструкции использовалась третья батарея конденсаторов 10, которая включалась последовательно в цепи соответствующих фаз первой и второй обмоток. Тем самым, по существу, первые две обмотки служили для обеспечения возбуждения генератора, а третья использовалась в качестве рабочей. Данный генератор позволяет также питать маломощных потребителей 8 напряжением 380 В и 9 — напряжением 42 В.

Работа генератора осуществляется таким образом. При вращении ротора остаточный магнитный поток наводит ЭДС в обмотках статора и генератора возбуждения. Во всех трех обмотках устанавливаются напряжения, пропорциональные числу витков соответствующих обмоток, величине и соотношению емкости конденсаторов в конденсаторных батареях.

Недостатками данного технического решения являются сложность описываемой конструкции, большой вес и габариты, а также неблагоприятные энергетические показатели.

Наиболее совершенным следует признать решение Джэндубаева, опубликованное в 2003 г. [5].

Предложенный Джэндубаевым асинхронный сварочный генератор содержал две трехфазные обмотки на статоре, одна из которых использовалась в качестве обмотки возбуждения 1 и соединялась с батареей конденсаторов возбуждения 4, а другая служила рабочей обмоткой 2 и подключалась через выпрямитель 7 к сварочному электроду 8. Причем параллельно выпрямителю на обмотку включались также шунтирующие конденсаторы 6, а конец рабочей обмотки подсоединялся к батарее компаундирующих конденсаторов 5 (рис. 4).

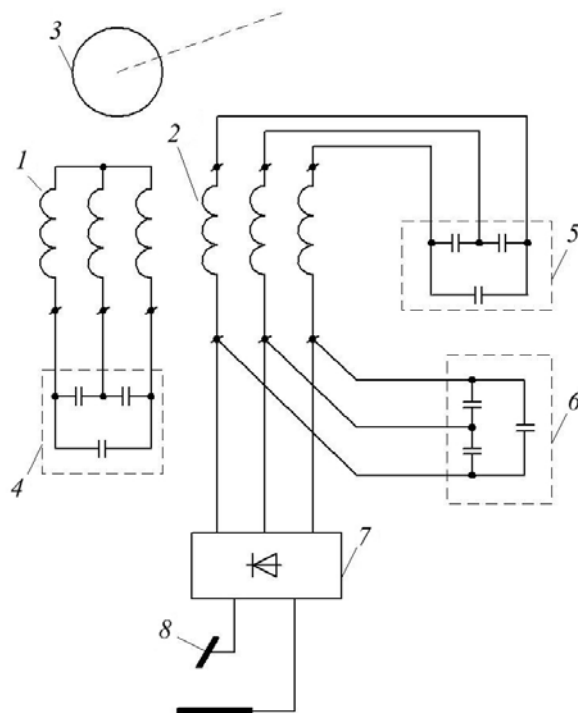


Рис. 4. Схема сварочного генератора на базе асинхронной машины с конденсаторным возбуждением с двумя обмотками на статоре

Остаточный магнетизм при вращении ротора приводным двигателем 3 наводит ЭДС в статорных обмотках. Вследствие действия данной ЭДС происходит заряд конденсаторов возбуждения и последующий их разряд на обмотку возбуждения, что в свою очередь вызывает увеличение ЭДС. Эти действия неоднократно повторяются, т. е. возникает процесс конденсаторного возбуждения генератора. Данный процесс прекращается при насыщении магнитной системы генератора. В обмотках возбуждения и рабочей возникают напряжения, пропорциональные числу витков в соответствующей обмотке и емкости конденсаторов возбуждения. Во время контакта сварочного электрода со свариваемой деталью сопротивление нагрузки уменьшается практически до нуля, и, как следствие, напряжение рабочей обмотки уменьшается, а ток возрастает вплоть до тока короткого замыкания. Увеличение тока нагрузки сопровождается увеличением реактивной мощности компаундирующих конденсаторов, вследствие данного фактора сварочный генератор не теряет возбуждения и устойчиво работает при коротких замыканиях. В момент разрыва сварочной дуги энергия компаундирующих конденсаторов рассеивается по цепи, созданной шунтирующими конденсаторами.

Этот генератор имел значительно более простую конструкцию статора по сравнению с предыдущим техническим решением того же автора, меньшие электрические потери и повышенный КПД за счет использования компаундирующих конденсаторов.

Выводы

1. Существенным недостатком всех рассмотренных технических решений, включая последнее, является отсутствие возможности плавного регулирования сварочного тока. Разработка сварочного генератора на базе асинхронного генератора с конденсаторным возбуждением, обеспечивающего плавное регулирование сварочного тока,— актуальная задача, решение которой обеспечит высокое качество сварочных работ, в частности, при сооружении и ремонте магистральных нефтегазопроводов, особенно в случае отсутствия стационарных источников энергии.

3. Отсутствует методика проектирования подобных генераторов.

4. Отсутствует аналитическая теория сварочных генераторов на базе асинхронного самовозбуждающегося генератора, которая позволила бы анализировать влияние параметров генератора на его рабочие характеристики.

5. Не решены вопросы синтеза таких генераторов, которые касались бы определения величин емкостей, включаемых в цепи обмоток.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Кицис С. И.* Асинхронные самовозбуждающиеся генераторы. — М.: Энергоатомиздат, 2003. — 328 с.

2. *Brushless welding generator*: Пат. 237406 ГДР: Н 02 К 47/10 / Juelke Edmund, Dassel Juergen; VEB Mansfeld Kombinat W Pieck. — ¹2763853; Заявл. 16.05.85; Опубл. 09.07.86.

3. *Асинхронный сварочный генератор*: А. с. 1798863 СУ: Н 02 К 17/00 / П. И. Костраускас, В.-Ю. А. Жалис, А. К. Кулакаускас, Л. П. Лемежонене, С. Ю. Марзаас, С. А. Диржас, А. И. Лаужадис, А. В. Паштукас. — № 4845636/07; Заявл. 23.04.90; Опубл. 28.02.93.

4. *Трехфазный асинхронный электросварочный генератор*: Пат. 2111599 RU: Н 02 К 17/00 / А.-З. Р. Джендубаев. — № 95121876/09; Заявл. 26.12.95; Опубл. 20.05.98.

5. *Асинхронный сварочный генератор*: Пат. 2211519 RU: Н 02 К 17/00, Н 02 Р 9/46, В 23 К 9/00 / А.-З. Р. Джендубаев. — № 2001124752/09; Заявл. 11.09.00; Опубл. 27.08.03.

D. N. Pautov

**ANALYSIS OF WELDING GENERATORS' SCHEMES BASED
ON THE ASYNCHRONOUS MACHINE WITH CONDENSER DRIVING**

Asynchronous generators with condenser driving are widely used in industry. Their usage, as welding generators is very perspective. The article analysies the proposed schemes of similar generators in Russis and abroad, drawbacks of solutions and problems connected with their projecting and using are revealed.