

Тишкин Александр Сергеевич

аспирант

ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет»

г. Санкт-Петербург

DOI 10.21661/r-115178

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

***Аннотация:** в статье рассмотрены системы управления процессом электролитического получения алюминия, описаны недостатки данных систем, а также предложена система управления на основе оперативно-идентифицируемой математической модели.*

***Ключевые слова:** электролиз, обратная ЭДС, алюминий, криолитовое отношение, межполюсное расстояние.*

В настоящее время практически весь алюминий получают электролизом криолит-глинозёмного расплава по способу Эру-Холла. Техничко-экономические показатели (ТЭП) производства алюминия в значительной степени зависят от технологических параметров работы электролизёра: рабочего напряжения, уровня металла, состава электролита, температуры расплава и величины межполюсного расстояния (МПР). В промышленных условиях под воздействием различных факторов состояние электролизера может быть не стабильным, что приводит к технологическим отклонениям. Эти нарушения повышают удельный расход электроэнергии, снижают производительность и увеличивают долю затрат ручного труда, поэтому задачей системы управления при производстве алюминия является поддержание технологических параметров в заданных значениях для стабильной работы электролизера.

Как известно одним из направлений повышения эффективности производства является совершенствование средств автоматизации, внедрение АПГ, изыскание новых методов управления, в том числе разработка все более совершенных алгоритмов управления электролизером [1].

Основными целями и задачами систем контроля и управления процессом электролиза является повышение производительности электролизеров, которое может быть обеспечено за счет снижения расхода электроэнергии, благодаря повышению эффективности регулирования напряжения, снижения частоты анодных эффектов вследствие оптимизации процесса питания ванн глиноземом; обнаружения электролизеров с отклонениями от нормального технологического хода и оперативного устранения отклонений; обнаружения и устранения МГД нестабильности ванн; повышения контроля над персоналом и корректировка его действий. Обнаружение аварийных ситуаций и отклонений в работе ванн, которое может быть обеспечено за счет наличия постоянного контроля над величиной напряжения на ванне, предупреждение о длительном анодном эффекте; обнаружения и ликвидации МГД нестабильности на ванне; контроля над состоянием магнитных пускателей предотвращает возможность самопроизвольного движения анода [3].

Автоматизированный контроль технологического процесса на алюминиевых электролизерах развивается с начала становления алюминиевой промышленности, а за последние годы темп развития АСУ ТП сильно увеличился.

Если рассматривать тенденцию развития систем контроля и управления процессом электролитического получения алюминия от самых первых, таких как «Алюминий» и заканчивая последними отечественными системами «Троль», можно увидеть переход от централизованных АСУ ТП к децентрализованным.

Централизованные системы, такие как «Алюминий», созданные в середине 60-х годов прошлого века, работают до сегодняшнего времени. Эти системы были распространены в то время, когда стоимость вычислительной техники была очень высокой, а также имели большие размеры. Данные системы имеют ряд недостатков: редкие регулировки напряжения, малое время для измерения напряжения, невозможность организовать сложные алгоритмы управления; работа АПГ только в таймерном режиме с помощью отдельной системы; имеет большое

влияние на качество регулирования из-за человеческого фактора; обладает низкой надежностью: при отказе вычислительной техники или потери связи с нижним уровнем вся серия оказывается без управления [1].

В след за централизованными появились групповые системы. Данные системы позволили создавать более сложные алгоритмы, но также им присущи недостатки, как и централизованным: редкое время обегания ванн для измерения, малое время измерения напряжения, и также при отказе вычислительной техники ванны остаются без управления.

Но в последние десятилетия с резким развитием микроэлектроники и ее удешевлением, появились распределенные АСУ ТП, которые позволили использовать для управления каждой электролизной ванной свой индивидуальный контроллер, что увеличило надежность, т.к. при отказе ЭВМ без управления остается только один электролизер. Распределенные системы позволяют получать большой объем информации, что дает большую возможность разрабатывать и реализовывать сложные алгоритмы, которые более точно соответствуют процессам и возмущениям, происходящим в процессе электролиза [1].

Но вне зависимости развития АСУ ТП, технология электролиза алюминия обуславливает особенность управления процессом получения алюминия, которая состоит в недостаточном уровне информации о параметрах процесса, собираемой системами управления, хотя способы управления зависят от уровня развития АСУ ТП.

Рассмотрим разные способы управления процессом электролитического получения алюминия. Некоторые состоят в стабилизации параметров, легко измеряемых и косвенно зависящих от МПР, например, рабочего напряжения электролизера или комплексного параметра – «приведенного» напряжения. Но недостатки данных способов является низкое качество стабилизации величины МПР, поскольку косвенные показатели зависят не только от МПР, но и от изменения состава электролита [3].

Есть способ стабилизации состава электролита, включающие управление подачей глинозема в электролизер. Данный способ заключается в соблюдении

определенного графика срабатывания АПГ. Но этот способ не учитывает реальный расход глинозема из электролита. В результате состав электролита резко меняется, что ухудшает технико-экономические показатели процесса.

Другой способ заключается в измерении напряжения электролизера, ток серии, расчете «приведенного» напряжения электролизера и скорости его изменения, концентрации глинозема в электролите и стабилизации «приведенного» напряжения в заданных пределах перемещением анода и изменением скорости загружаемого в электролизер глинозема, чередуя режимы частого и недостаточного редкого питания. При этом режимы питания изменяют в зависимости от изменения приведенного напряжения, включая тот или иной режим на определенное время или полностью прекращая питание электролизера глиноземом.

Недостатком указанного способа является низкое качество стабилизации теплоэнергетического и электрохимического режимов процесса, поскольку и изменение МПР, и изменение подачи глинозема осуществляют практически только по изменению «приведенного» напряжения электролизера.

Следующий способ основан на измерении напряжения на электролизере и силе тока, определении сопротивления электролизера и содержания глинозема в электролите и изменении положения анодного массива в зависимости от изменения сопротивления электролизера, а скорость подачи глинозема в электролит – в зависимости от изменения его концентрации в расплаве. Концентрацию глинозема определяют по математической модели с учетом изменения тока серии и подачи глинозема механизмами АПГ и корректируют модель при анодном эффекте в случае, если расчетное значение концентрации глинозема в этот момент не находится в пределах 0,8–1,5%.

Недостатком является невысокая точность определения концентрации глинозема, особенно в условиях, когда технология проведения процесса электролиза предусматривает периодическую обработку корки. В эти периоды в электролизер попадает неучитываемое количество глинозема, которое является сильным возмущением для принятого способа определения концентрации. Кроме того, известный способ не учитывает изменения температуры электролита, влияющие на

скорость поступления глинозема в расплав за счет подплавления корки электролита.

В результате фактические колебания концентрации глинозема в электролите становятся недопустимо большими, что приводит к повышенной частоте анодных эффектов и повышенной частоте включения двигателей, перемещающих анодный массив. Все это приводит к увеличению количества и тяжести технологических нарушений, снижению технико-экономических показателей работы электролизеров: повышению удельного расхода электроэнергии, снижению производительности электролизера и повышению трудозатрат на ликвидацию технологических нарушений.

Следующий способ управления алюминиевыми электролизерами, включающий периодическую обработку корки электролита, измерение напряжения на электролизере и тока серии, расчет сопротивления электролита в междуполюсном пространстве, его среднего значения и концентрации глинозема в электролите по математической модели и изменение скорости подачи глинозема в электролизер в зависимости от отклонения расчетной концентрации глинозема от ее заданного значения, математическую модель для расчета концентрации глинозема корректируют в моменты обработки корки электролита, а в промежутках между обработками измеряют температуру электролита и дополнительно корректируют математическую модель по результатам измерения.

Из развития способов управления видно, что последние способы для оптимизации задач электролитического получения алюминия начали использовать моделирование как необходимый инструмент развития технологического режима алюминиевого производства. Системы управления с математическими моделями дают возможность рассчитывать и предсказывать изменения в измеряемых и неизмеряемых параметрах процесса, вырабатывать управляющие воздействия в результате колебаний потоков сырья, технологических действий операторов процесса, влияния окружающей среды [4].

Но существующие системы не в полной мере учитывают особенности каждого отдельного электролизера. Повышение качества функционирования электролизеров для получения алюминия возможно на основе управления на базе математической модели, учитывающей особенности каждого электролизера, за счет оперативной идентификации модели для каждого электролизера на основе редких периодических измерений температуры и состава электролита.

Список литературы

1. Галевский Г.В. Металлургия алюминия. Технология, электроснабжение, автоматизация: Учебное пособие для вузов. – 3-е изд., перераб. и доп. / Г.В. Галевский, Н.М. Кулагин, М.Я. Минцис, Г.А. Сиразутдинов. – М.: Флинта; Наука, 2008. – 529 с.
2. Демыкин П.А. АСУТП как инструмент повышения эффективности электролиза криолитоглиноземных расплавов: Лекция на VII высших алюминиевых курсах / П.А. Демыкин. – Красноярск, 2004. – 20 с.
3. Локшин Р.Г. Способ управления алюминиевым электролизером / Р.Г. Локшин, В.П. Ланкин, Н.А. Калужский.
4. Фитерман М.Я. Пути повышения эффективности производства и улучшения организации труда при автоматизации предприятий алюминиевой подотрасли: обзор / М.Я. Фитерман, В.И. Берх, Р.Г. Локшин. – М., 1989. – 48 с.