

## РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА УПРАВЛЕНИЯ ЗАДАНЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ В АЛЮМИНИЕВОМ ЭЛЕКТРОЛИЗЕРЕ

Докладчик: Якивьюк П.Н.,  
научный руководитель д-р техн. наук Пискажова Т.В.  
*Сибирский Федеральный Университет  
Институт Цветных Металлов и Материаловедения*

Современное производство алюминия основано на электролитическом разложении глинозема ( $Al_2O_3$ ) с выделением на катоде металлического алюминия, а на аноде - газообразных продуктов электролиза. Электролизёр для получения алюминия – сложный электрометаллургический агрегат. Конструктивное и технологическое состояние процесса оценивается параметрами – геометрическими (длина, ширина, площадь, объём и т.д.), электрическими (напряжение, сила тока, мощность, электрическое сопротивление), магнитными (напряжённость и индукция магнитного поля, электромагнитная сила и т.д). Электрические параметры – падение напряжения на ванне и её элементах, сила тока, мощность ванны имеют большое значение для технологического состояния ванны и расхода электроэнергии.

АСУ ТП электролиза многоуровневая. Общая задача управления может быть разделена на следующие операции:

- определение оптимальных значений концентраций глинозёма и поддержание их на заданном уровне с помощью программного обеспечения и технических средств управления АПГ;
- определение оптимальных значений КО и стабилизация КО на уровне заданного значения с помощью системы АПФ;
- стабилизация приведённого напряжения (напряжение электролизёра, приведённого к номинальному току серии) на уровне заданного значения, что сводится к традиционному управлению перемещением анодного массива; с течением времени в результате накопления металла, расходования анода при электролизе, выливки металла и др. значение МПР изменяется и функция АСУТП заключается в гибком регулировании МПР с учётом вывода напряжения заданного.

Задача управления теплоэнергетическим режимом электролизера является очень актуальной, так как поддержание заданных температур областей электролизера в совокупности с возможно меньшим расходом энергии обеспечит высокие технико-экономические показатели. Эффективность работы электролизёра в значительной мере зависит от расхода электроэнергии на производство 1 т алюминия, поскольку в себестоимости алюминия затраты на электроэнергию достигают 30 – 40 %.

Поэтому одна из основных задач автоматизации производства - выбор для ванны оптимального напряжения, так как снижение, например, величины МПР ведёт к снижению выхода по току и потере производительности.

Существуют разные подходы к решению этой задачи, основанные на измерениях температуры электролита [1], на поддержании постоянной величины МПР [2] и другие. При любом подходе необходимо осуществлять автоматический выбор заданного напряжения электролизера. В настоящее время на большинстве заводов заданное напряжение выбирает технолог, так как отсутствует единая

методика управления заданным напряжением электролизёра. Поэтому качество регулирования заданного напряжения электролизёра, а, следовательно, и качество продукции, напрямую зависит от квалификации обслуживающего персонала.

В рамках исследования влияния теплового баланса на параметры электролизёра для разработки алгоритма управления заданным напряжением было проведено компьютерное моделирование работы электролизёра в программе «Виртуальный электролизёр». Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Значения параметров электролизёра

Технологические переменные	Един. измер.	Начальные условия	U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	U8	U9	U10
Сила тока	кА	174,49	174,49	174,49	174,49	174,49	174,49	174,49	174,49	174,49	174,49	174,49
Температура воздуха	°С	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Напряжение электролизёра	В	4,45	4,35	4,37	4,39	4,41	4,43	4,47	4,49	4,51	4,53	4,55
Уровень металла	см	48,021	49,135	48,941	48,773	48,587	48,401	48,034	47,859	47,680	47,493	47,330
Уровень электролита	см	17,949	15,021	15,537	16,001	16,502	16,999	17,972	18,433	18,895	19,384	19,796
КО		2,294	2,180	2,204	2,223	2,244	2,263	2,298	2,314	2,329	2,344	2,357
CaF2	%	7,527	8,885	8,596	8,367	8,125	7,894	7,481	7,298	7,122	6,944	6,798
Температура электролита	°С	955,524	945,56	947,82	949,52	951,32	953,00	955,94	957,21	958,42	959,61	960,60
Температура борта катода в средней зоне	°С	168,453	158,82	160,50	161,96	163,57	165,22	168,50	170,09	171,75	173,51	175,07
Температура днища	°С	83,352	83,105	83,276	83,405	83,541	83,669	83,892	83,988	84,080	84,170	84,245
Толщина гарнисажа	см	9,115	10,301	10,057	9,894	9,684	9,466	9,059	8,865	8,671	8,462	8,283
Толщина настълы	см	30,031	33,039	32,516	32,062	31,561	31,056	30,058	29,580	29,091	28,576	28,125
Запас МГД стабильности	мВ	229,412	45,512	87,760	118,72	153,85	189,17	254,02	283,97	314,20	345,95	373,65
МПР	м	0,055	0,049	0,050	0,051	0,052	0,053	0,055	0,056	0,057	0,058	0,059
Выход по току	%	89,421	90,124	90,045	89,950	89,830	89,698	89,416	89,277	89,137	88,992	88,867
Перегрев	°С	9,159	8,680	8,798	8,874	8,971	9,077	9,272	9,365	9,462	9,566	9,661

Рассмотрены нарушения технологического режима, связанные с изменением теплового режима электролизёра.

По результатам работы предложен алгоритм управления заданным напряжением электролизёра на основе классификаций состояния электролизера. Разработана блок схема алгоритма автоматического управления заданным напряжением для программной реализации в составе АСУТП.

Общие положения алгоритма:

Во-первых: в алгоритме используется концепция «Базового напряжения» [3], подразумевающая возврат к исходному, заранее выбранному для каждого электролизёра, базовому напряжению  $U_{баз}$  через время  $\Delta t$ , в течении которого напряжение на электролизёре будет равно сумме  $U_{баз} + \Delta U$ , где  $\Delta U$  – вольт-добавка.

Во-вторых: общая схема алгоритма расчёта добавок представлена на рисунке 1.

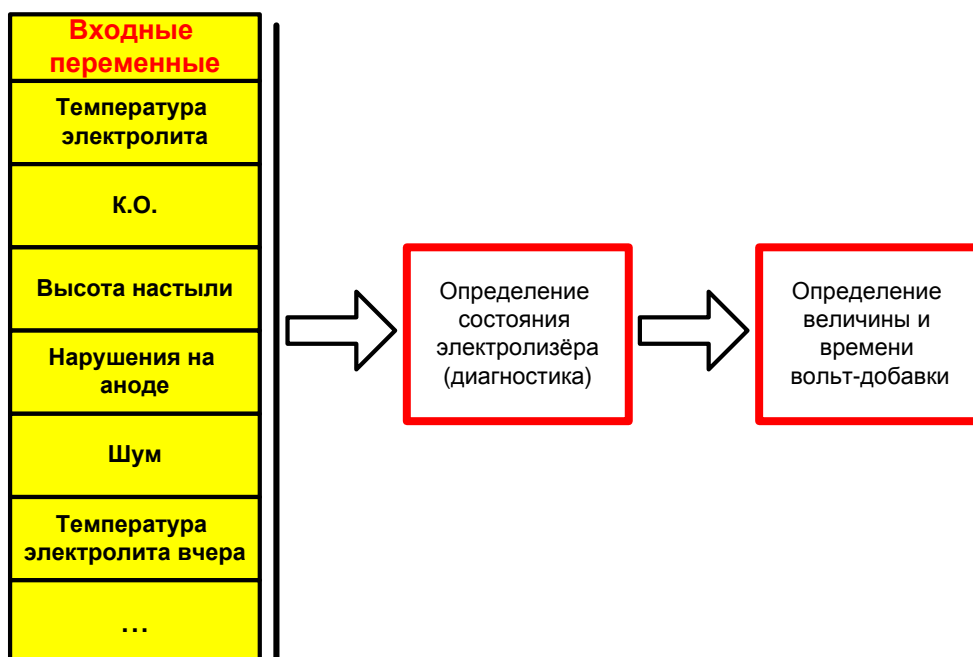


Рисунок 1 – Общая схема алгоритма расчёта добавок

В-третьих: в алгоритме определены состояния электролизёра, требующие изменения:

- 1: Электролизёр горячий 1.
- 2: Электролизёр горячий 2.
- 3: Электролизёр холодный 1.
- 4: Электролизёр холодный 2.
- 5: Проблемы на аноде.
- 6: Шумы (МГД-нестабильность).

Все эти состояния характеризуются определённым набором параметров.

Предлагается использовать величины и время вольт-добавок, представленные в таблице 2.

Таблица 2 – Величины и время вольт-добавок

$\Delta U$ , мВ	$\Delta t$ , час	$\Delta U$ , мВ
+100	12	-
+75	24	-75
+50	36	-50
+25	48	-25

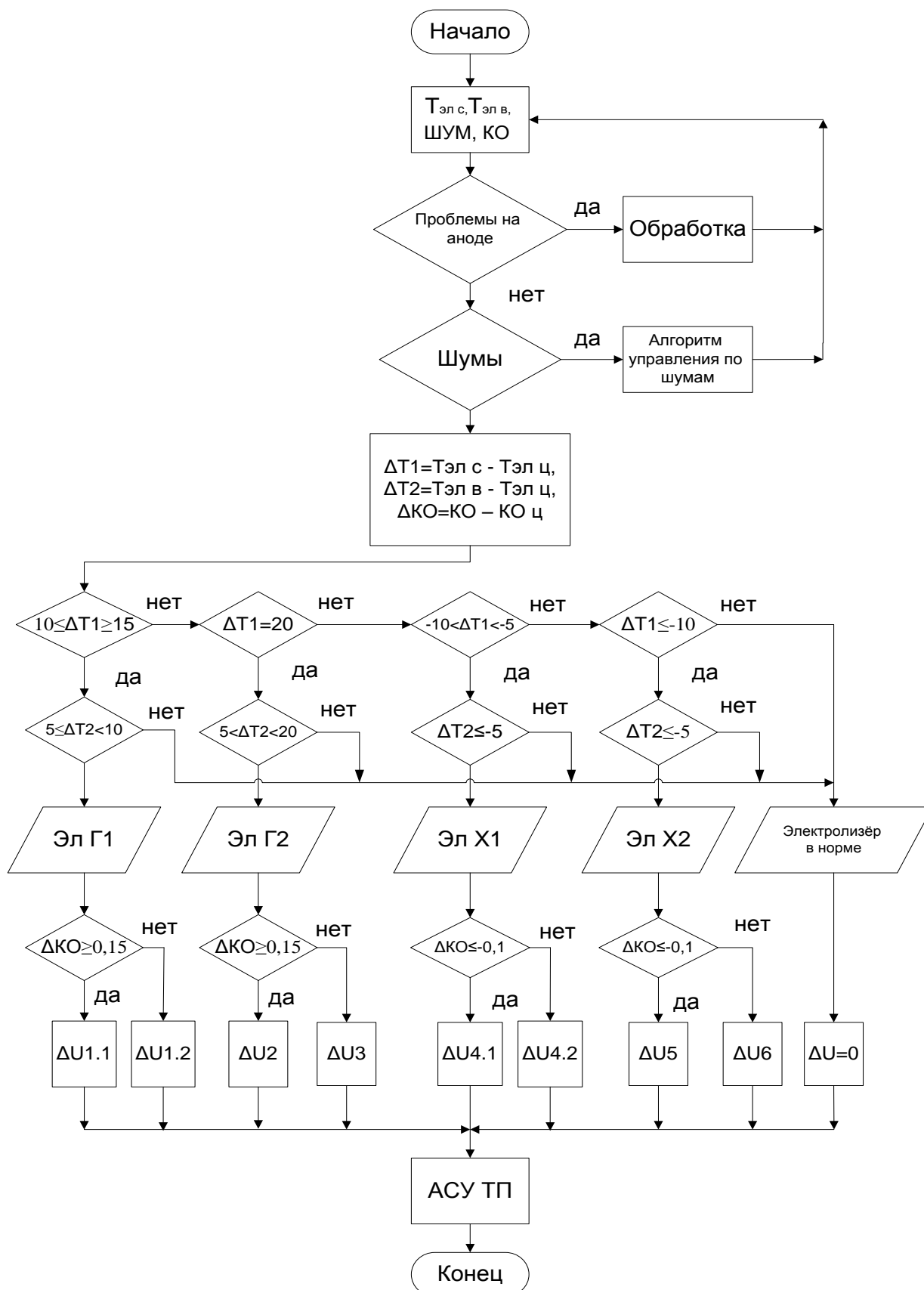


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма управления заданным напряжением

В настоящее время разработанный алгоритм с целью внедрения в АСУ ТП реализуется программно.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Bonnarde, O. Process for regulating the temperature of the bath of an electrolytic pot for the production of aluminium [Text] / O. Bonnarde, P. Homsy // U.S. Patent Number 5,882,499, Date of patent Mar. 16, - 1999.

2 Результаты опытной эксплуатации подсистем и технических средств опытной автоматизированной системы управления электролизом алюминия. – Отчет о научно исследовательской работе, заключительный, книга 3. – Красноярский политехнический институт, 1985. - № гос.рег. 80018264.

3 Статья: «Увеличение выхода по току и уменьшение расхода энергии на заводе TRIMET в ЭССЕНЕ за счёт использования управления девяти размерной матричной таблицы»/ Torsten Rieck.

4 Сайт: <http://ru-patent.info>

5 ТРП 449.01.01.15 Электролизное производство. Управление заданным напряжением электролизёров типа С-8БМ, С-8Б, ЭЮ-165.