

Обеспечение качества электроэнергии, потребляемой экономически эффективным алюминиевым заводом



Гармонические токи порождают электрические потери, и если их не компенсировать, это вызывает издержки потребления дополнительной электроэнергии. Затраты на систему компенсации возмещаются очень быстро. Компания АББ обладает специальными знаниями и решениями.

Обеспечение качества электроэнергии, потребляемой экономически эффективным алюминиевым заводом

АББ Швейцария (ABB Switzerland Ltd)



Гармонические токи порождают электрические потери, и, если их не компенсировать, это ведет к дополнительным расходам на потребление электроэнергии. Стоимость затрат на систему компенсации возмещаются очень быстро. От имени промышленного менеджера по производству первичного алюминия Макса Вайстнера (Max Wiestner), главного инженера по выпрямительным системам компании АББ Швейцария (ABB Switzerland) Кристиана Винтера (Christian Winter) и главного инженера пусконаладочных работ проекта Сохар Алюминий Рето Шранера (Reto Schraner).

Стоимость электроэнергии при производстве алюминия составляет от 30 до 40% стоимости продукта. Качество электроэнергии оценивается диаграммой «гармонических токов» в сети электропитания после их выпрямления, и «коэффициентом мощности» при работе завода в нормальном режиме. В случае больших заводов с двумя электролизерами, если не установлена система компенсации коэффициента мощности и гармонического тока, потребуется не менее одной дополнительной генерирующей установки. Стоимость затрат на установку системы компенсации намного ниже той, которая требуется для ввода и эксплуатации дополнительной генерирующей установки.

Суммарное искажение гармоник (THD)

THD – измеряемый параметр, который используется для оценки качества электроэнергии. Трансформаторы-выпрямители системы преобразования переменного/постоянного тока завода, трансформирующие мощность электросети (переменный ток) в мощность постоянного тока, которая нужна для электролизных корпусов, вырабатывают гармонические токи по принципу технологии более чем 100-летней давности. Эти гармонические токи вырабатываются выпрямителями при трансформации постоянного тока и проявляются, как высокочастотные токи на вершине нормального тока на рис.1.

Эти высокочастотные токи создают электрические потери во всех потребляющих устройствах, подверженных их воздействию. Например, если качество электроэнергии очень низкое, электродвигатели низкого напряжения используют до 10% дополнительной мощности. На современных заводах мощностью до 1200 МВт это означает, что для компенсации низкого качества электроэнергии без применения соответствующего оборудования потребуется по крайней мере одна дополнительная генерирующая установка.

Коэффициент мощности (PF)

PF – это еще один измеряемый параметр, используемый для оценки качества электроэнергии. Коэффициент мощности – это разница между мощностью (активной мощностью), используемой для производства алюминия, и мощностью, генерируемой на электростанции (полной мощностью). Некоторое оборудование завода потребляет 80% активной мощности и создает 20% неактивной (реактивной) мощности. Разумеется, замысел состоит в том, чтобы получить очень высокий коэффициент мощности и минимизировать потребность генерирования электроэнергии.

Если завод потребляет 1200 МВт и не имеет компенсации коэффициента мощности, электростанция будет нуждаться в одной дополнительной генерирующей установке для выработки фиксируемой мощности. Поэтому для алюминиевых заводов требуются системы, которые компенсируют как искажения гармонического тока, так и смещения коэффициента мощности.

Генерация гармонических токов

Трансформаторы-выпрямители, к сожалению, порождают гармонические токи с разными частотами. На алюминиевых заводах такие токи уменьшаются с помощью 12-импульсных выпрямительных установок, которые сконструированы так, что вся установка трансформатора-выпрямителя имеет 60-импульсное смещение, что создает наименьшие возможные гармонические токи.

Рис. 1: Показывает типичные гармонические токи

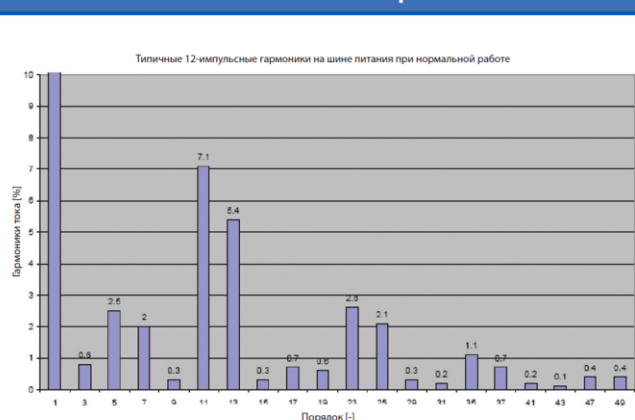


Рис. 2: Показывает гармонические токи в сети малой емкости

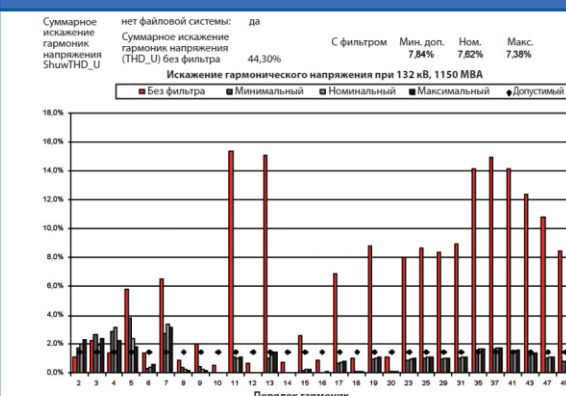


Рис. 3: Показывает гармонические токи в сети большой емкости

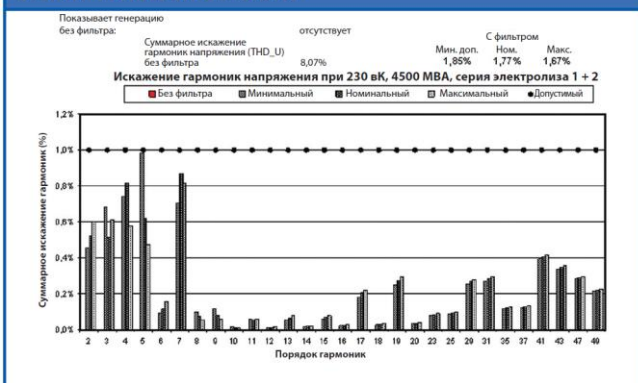


Рис. 4: Коэффициент мощности плавильной печи

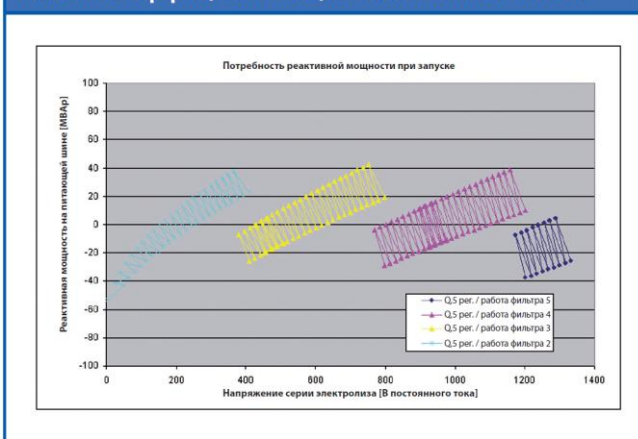
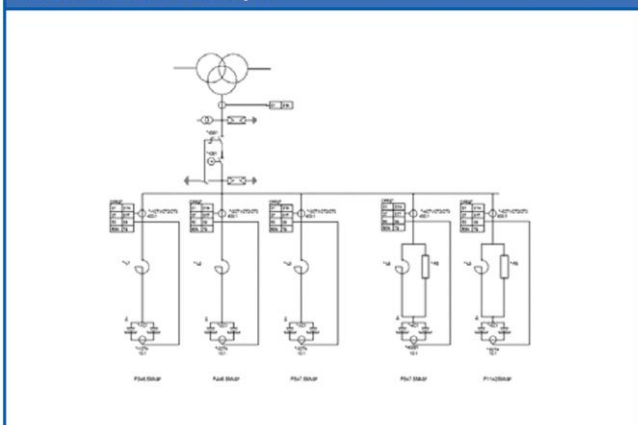


Рис. 5: Показывает обычную одинарную линию системы компенсации



Однако когда одинарный электролизер с потреблением 600 МВт мощности работает в сети малой емкости, они значительно ухудшают качество электроэнергии.

На рисунках 2 и 3 показано воздействие электросетей малой и большой емкости. Понятие «емкость» берется для обозначения мощности электросети. Она, в свою очередь, зависит от количества подключенных к сети электростанций, размера и длины линии электропитания завода.

работавшей неактивную мощность.

Основные потребители электроэнергии на заводе (трансформаторы-выпрямители), к счастью, не имеют такого низкого коэффициента мощности, как у обычных электродвигателей, но они все равно требуют применения системы компенсации. На одном большом электролизере должно компенсироваться как минимум 200-300 МВА мощности.

Рис. 6: Компенсация среднего напряжения



Коэффициент мощности потребителей электроэнергии

Обычный электродвигатель завода потребляет приблизительно 80% от активной мощности и 20% неактивной (реактивной) мощности. Если новый завод с двумя электролизерами имеет только электродвигатель, а оборудование компенсации не установлено, то при этом потребуется пять генерирующих установок мощностью по 240 МВт, вырабатывающих активную мощность, и не менее одной установки мощностью 240 МВА, вырабатывающей неактивную мощность.

Комбинированная компенсация суммарного искажения гармоник и коэффициента мощности

Поскольку непрактично иметь одну дополнительную генерирующую установку, вырабатывающую добавочную электрическую мощность для компенсации гармонических токов, а другую – для компенсации коэффициента мощности, очевидным решением является их комбинация. Как правило, такая система состоит из реактивных катушек и конденсаторов, которые также используются для компенсации коэффициента мощности, и резисторов для демпфирования перенастраиваемых схем и предотвращения резонансов.

Для компенсации большинства гармонических токов эти системы подразделяются на две подсистемы, настраиваемые для компенсации разных гармонических токов. Разная настройка зависит от конструкции трансформатора-выпрямителя и питающей электросети. Обычные подсистемы, известные как фильтрующие отводы, настраиваются до 3-, 5-, 7- и 11-кратной нормальной частоты. Она составляет 50 или 60 Гц.

Обычно применяются два разных принципа построения системы компенсации, и их оценку следует производить на начальной стадии проектирования установки преобразователей электроэнергии. Стоимость внедрения этих двух принципов «подключ» составляет из промежуточной стоимости.

Рис. 7: Компенсация высокого напряжения



Высокие коэффициент мощности и качество электроэнергии имеют результатом более низкие инвестиционные и эксплуатационные расходы на электростанцию

Компенсация среднего напряжения

Система компенсации для среднего напряжения (20-36 кВ) подключается к третичной обмотке регулируемого выпрямляющего трансформатора.

Самые современные разработки оснащены автоматическим выключателем сети среднего напряжения для обеспечения инкрементной компенсации. При таком решении каждая установка нуждается в системе компенсации, способной отвечать требованиям предельных характеристик, даже если в работе находятся только четыре установки. При данной конструкции высокие значения коэффициента мощности также возможны во время первоначального пуска завода, а гармонические токи не достигают уровня высокого напряжения. Дополнительным преимуществом является

то, что они могут быть сконструированы и установлены без тщательного изучения системы сети электропитания. Данная система компенсации не будет подвержена влиянию качества электроэнергии сети электропитания, или оно будет влиять лишь в малой степени.

Компенсация высокого напряжения

Системы компенсации высокого напряжения (110-240 кВ) подключаются к промышленной электросети через высоковольтную распределительную аппаратуру. Эти системы компенсации требуют более тщательного изучения для анализа их влияния на сеть электропитания в обоих направлениях, поскольку возможно, что система будет получать нагрузку от гармонических токов из промышленной электросети.

Их конструкция намного проще и для них требуется меньшая опорная поверхность, но их распределительная аппаратура питания должна выдерживать скачки высокого напряжения при коммутации.

Конструкция систем высокого напряжения должна быть основана на ограничении мощности, чтобы они могли

также отвечать требованиям по коэффициенту мощности при первоначальном запуске. Их характеристики больше подходят для сетей большей емкости, поскольку при более высоких напряжениях установка многоотводных фильтров является весьма дорогостоящей.

Анализ конструкции высоковольтного оборудования

Поскольку системы компенсации работают на уровне предприятия, системы высокого напряжения оказывают прямое воздействие на электросеть, и наоборот. Подключение и отключение питания таких систем компенсации само по себе порождает нарушение качества электроэнергии. Эти системы имеют вредный эффект, сходный с тем, что возникает при подключении или отключении линии электропитания и возникновении очень высоких напряжений, которые могут вывести из строя компоненты или автоматические выключатели сети. Если рассматриваются высоковольтные системы компенсации, распределительная аппаратура питания/управления должна быть пригодна для работы с ними. На рисунках 8 и 9 показано подключение и отключение питания напряжением 220 кВ системы компенсации с минимальным искажением качества электроэнергии. Это возможно благодаря использованию автоматического выключателя сети DCB/HPL 245 кВ производства компании с промышленной частотой, способной выдерживать напряжение 460 кВ, а также благодаря использованию распределительной аппаратуры управления Switchsync F236.

Эффект изменения напряжения

При оценке двух возможных принципов системы компенсации следует принимать в расчет влияние изменения высокого напряжения, а также среднее напряжение на заводе. Третичные фильтры (среднего напряжения) имеют более низкий, но схожий эффект воздействия на повышение первичного напряжения, поскольку переключатели выходных обмоток регулируемых выпрямительных трансформаторов, как правило, установлены на вторичную обмотку в целях упрощения конструкции.

Рис. 8: Напряжение (верхнее) и токи фазы во время подключения электропитания 220 кВ системы компенсации

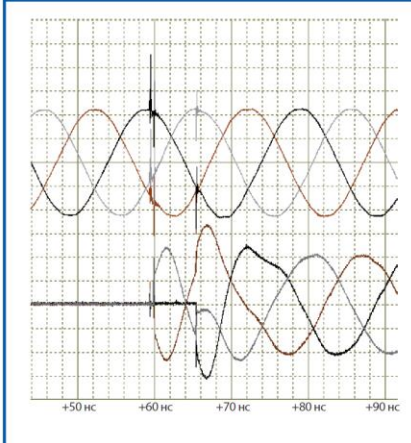
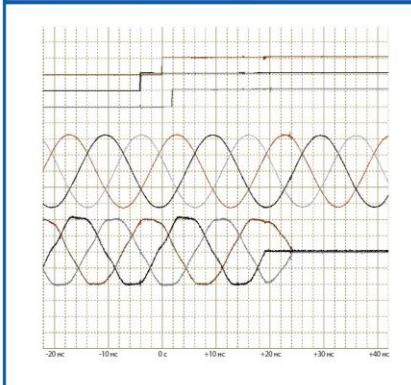


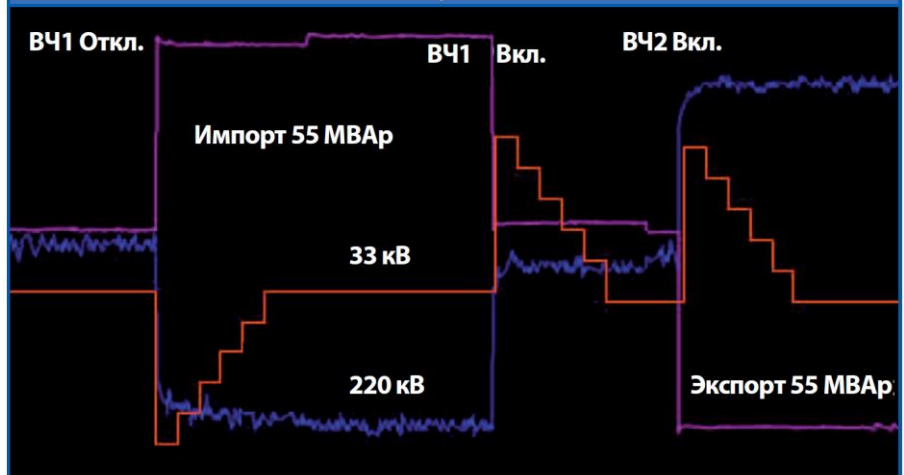
Рис. 9: Отключение питания 220 кВ системы компенсации



Однако поскольку между третичной обмоткой, питающей группы компенсации, имеется комплексное сопротивление, воздействие изменения напряжения не является линейным для систем компенсации, установленных напрямую в первичную систему электропитания.

Можно сказать, что системы компенсации, подключенные напрямую к сети электропитания, оказывают большее воздействие на изменение напряжения. На рисунке 10 показано воздействие на напряжение сети при подключении отводов 55 МВАр напрямую к системе электропитания. А также показано воздействие на среднее напряжение во время подключения отводов. Этот рисунок также иллюстрирует изменения реактивной мощности МВАр и напряжения сети при подключенном к сети электропитания фильтре высокого напряжения. При напряжении сети электропитания 220 кВ.

Рис. 10: Изменение первичного напряжения (синий) и напряжения электростанции 33 кВ (красный) при отключении или подключении систем компенсации высокого напряжения



Компенсация на электролизер

В списке ниже перечислены системы компенсации, установленные в течении последних 15 лет в проектах, реализованных в районах, где отсутствует соответствующая инфраструктура (на электролизере), но не на модернизированных заводах. Данный список представлен для сравнительной иллюстрации показателей, но его не следует воспринимать, как типичный образец всех глобальных проектов.

- Без компенсации 4
- Компенсация среднего напряжения 21
- Компенсация высокого напряжения 5

Системы компенсации, подключенные к системе электропитания, требуют детального изучения, а также требуются данные по большому количеству параметров промышленной электросети. При установке и работе в системе электропитания промышленная электросеть требует их контроля, так как они связаны с их системами электропитания. Их недостаток в том, что если в последующие годы к системе электропитания подключатся другие загрязняющие ее потребители, системы компенсации будут получать нагрузку от этих помех, влияющих на качество электроэнергии.

Системы компенсации, подключенные к третичным обмоткам регулируемого выпрямительного трансформатора, отделяются от этих сетей электропитания и подвергаются меньшему воздействию от помех из сети, влияющих на качество

электроэнергии, или того качества, что уже имеется в сети.

Оба принципа компенсации устраняют необходимость применения дополнительных генерирующих установок, которые могут стоить во много раз дороже первоначальных затрат на систему компенсации или дополнительных затрат на электроэнергию из-за электрических потерь, вызываемых низким качеством электроэнергии. ■

Дополнительную информацию можно получить, связавшись с:

Промышленным менеджером по производству первичного алюминия компании АББ Швейцария (ABB Switzerland)

Максом Вайстнером (Max Wiestner)
max.wiestner@ch.abb.com

Главным инженером по выпрямительным системам компании АББ Швейцария (ABB Switzerland)
Кристианом Винтепом (Christian Winter), christian.winter@ch.abb.com

Главным инженером пусконаладочных работ проекта Сохар Алюминий компании АББ Рето Шранером (Reto Schraner) reto.schraner@ch.abb.com

Наши координаты

Global Product Group Aluminium

ABB Switzerland Ltd.

Segelhofstrasse 9P

CH-5405 Baden 5 Dättwil

Switzerland

Phone.: +41 58 586 84 44

E-mail: max.wiestner@ch.abb.com

Офис в России

ООО «АББ»

630048, Россия, Новосибирск

пл. К. Маркса, 7, офис 810

Тел: +7 383 227 8200

Факс: +7 383 227 8211

E-mail: maksim.khabibulin@ru.abb.com

Для более подробной информации
посетите наш сайт:

www.abb.com/aluminium