

## Опыт применения преобразователей частоты «ЭРАТОН» на цементных заводах ОАО «Искитимцемент» и «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»

Иванцов В.В.

Продукция ЗАО «ЭРАСИБ» включает транзисторные преобразователи частоты для плавного пуска и регулирования скорости всех типов электродвигателей переменного тока, тиристорные устройства плавного пуска низковольтных асинхронных электродвигателей и тиристорные преобразователи для электропривода постоянного тока:

- «ЭРАТОН-М5» — преобразователи частоты для регулирования скорости низковольтных асинхронных и синхронных электродвигателей мощностью от 5 до 400 кВт.

- «ЭРАТОН-ФР» — преобразователи частоты для регулирования скорости по цепи ротора высоковольтных асинхронных электродвигателей с фазным ротором мощностью от 250 до 5000 кВт.

- «ЭРАТОН-ВНВ» — преобразователи частоты по двух трансформаторной схеме на базе ПЧ «ЭРАТОН-М5» для регулирования скорости высоковольтных асинхронных электродвигателей мощностью от 200 кВт до 1600 кВт.

- «ЭРАТОН-В» — преобразователи частоты по схеме: согласующий трансформатор – высоковольтный транзисторный инвертор напряжения для плавного пуска и регулирования скорости высоковольтных асинхронных и синхронных электродвигателей мощностью до 5 МВт.

- «ЭРАТОН-СЧУ» — станции частотного управления насосными агрегатами.

- «ЭРАТОН-Р» — роторные пускорегулирующие транзисторные преобразователи для высоковольтных асинхронных электродвигателей с фазным ротором мощностью от 200 до 1600 кВт.

- «ЭРАТОН-П1» — устройства плавного пуска для низковольтных асинхронных электродвигателей мощностью от 11 до 200 кВт.

- «ЭПТОН» — тиристорные преобразователи для электропривода постоянного тока мощностью от 88 до 3750 кВт.

Вся продукция, выпускаемая ЗАО «ЭРАСИБ», сертифицирована.

Особенности преобразователей частоты «ЭРАТОН» производства ЗАО «ЭРАСИБ»

- Разработаны для механизмов, требующих высокой перегрузочной способности и высокой динамичности по возмущающим факторам.

- Располагают функциями самонастройки на двигатель и механизм, а также адаптации к тепловому режиму двигателя.

- Имеют высокую помехоустойчивость за счет оптоэлектронных средств связи контроллера с драйверами транзисторов.

- Имеют высокую степень защиты – возможность работы в запыленных средах цементного производства.

- Разработаны и внедрены варианты исполнения для работы вне помещений с температурой окружающей среды от -40 до +40°С.

- Комплектное исполнение – преобразователи частоты поставляются в комплекте со шкафами коммутационной и защитной аппаратуры (автоматы, контакторы, сетевые дроссели, фильтры) и специализированным пультом дистанционного управления.

Модификации ПЧ «ЭРАТОН»

- Преобразователи частоты для электропривода с характеристикой нагрузки вентиляторного типа

- Преобразователи частоты для электропривода с постоянной нагрузкой при регулировании скорости

- Преобразователи частоты для электропривода с торможением самовыбегом

- Преобразователи частоты с активным торможением без рекуперации энергии

- Преобразователи частоты с рекуперативным торможением

Начиная с 2005 года ЗАО «ЭРАСИБ» поставляет преобразователи частоты «ЭРАТОН» для модернизации технологических механизмов действующего цементного завода ОАО «Искитимцемент» (г. Искитим Новосибирской области), осуществляющего выпуск цемента по «мокрому» способу. В период времени с 2005 г. по 2008 г. на технологические механизмы цементного производства ОАО «Искитимцемент» было установлено 16 частотно-регулируемых электроприводов с преобразователями частоты «ЭРАТОН-М5» производства ЗАО «ЭРАСИБ». Мощность асинхронных электродвигателей, приводимых в движение частотно-регулируемыми электроприводами «ЭРАТОН-М5», лежит в диапазоне от 11 кВт до 132 кВт, номинальное напряжение 0,4 кВ. Для повышения надежности работы технологических механизмов в условиях высокого загрязнения цементного производства преобразователи «ЭРАТОН-М5» были выполнены со степенью защиты IP54. Для повышения надежности работы в условиях низкого качества питающего напряжения промышленной сети преобразователи «ЭРАТОН-М5» были дополнительно укомплектованы шкафами коммутационной и защитной аппаратуры с сетевыми трехфазными дросселями, RLC-фильтрами защиты электродвигателей от перенапряжений, автоматами, обводными контакторами. Для удобства управления технологическими процессами разработаны специализированные пульты дистанционного управления (ПДУ).

Преобразователи частоты (ПЧ) «ЭРАТОН-М5» были установлены в трех цехах ОАО «Искитимцемент»: «Сырьевой», «Помол», «Обжиг».

В результате применения ПЧ «ЭРАТОН-М5» в ОАО «Искитимцемент» были получены следующие результаты:

## 1. Цех «Сырьевой»

### 1.1. Электроприводы тарельчатых питателей сырьевых мельниц №1 и №2

До установки ПЧ «ЭРАТОН-М5» на тарельчатые питатели сырьевых мельниц регулировка подачи сырья в мельницы производилась на транспортере путем изменения положения отсекающей балки, ограничивающей объем сырья, поступающего в мельницу. Недостатками такого регулирования было заклинивание крупногабаритного сырья и инородных материалов на тарельчатом питателе, что приводило к неравномерной подаче сырья в мельницу и нарушению технологии помола, а также требовало постоянного вмешательства обслуживающего персонала для расчистки завалов тарельчатых питателей и транспортера с использованием тяжелого физического труда.

Регулирование подачи сырья в мельницы за счет изменения оборотов тарельчатых питателей с помощью ПЧ «ЭРАТОН-М5-11-0-2» (11 кВт), введенное в марте 2008 г., позволило повысить качество работы сырьевых мельниц за счет плавного регулирования подачи сырья в мельницы, устранения заклинивания сырья на тарельчатых питателях, а также позволило улучшить условия труда обслуживающего персонала.

### 1.2. Электропривод шламового насоса №4 для питания печей №№ 8,9.

До установки ПЧ «ЭРАТОН-М5» на шламовом насосе отмечались следующие недостатки в работе станции подачи шлама:

- прямой пуск мощного (132 кВт) асинхронного электродвигателя при запуске шламового насоса приводил к 6-7 кратным пусковым токам, что сопровождалось перегревом электродвигателя, ускоренному старению подшипников, изоляции и выходу из строя электродвигателя;

- ударные усилия, возникающие при прямом пуске электродвигателя, воздействовали на элементы шламового насоса, что приводило к снижению межремонтных периодов и снижению срока службы шламового насоса;

- регулирование подачи шлама в печи производилось задвижкой на выходе насоса, что сопровождалось кавитационными процессами, приводившими к сокращению срока службы задвижек;

- подача шлама в печи производилась импульсно, с пульсациями шлама на шлампитателе, что снижало качество клинкера.

После установки ПЧ «ЭРАТОН-М5-132-0-1» (132 кВт) в октябре 2007 г. на шламовом насосе №4 регулирование подачи шлама в печи №№8,9 стало выполняться за счет регулирования

оборотов вала шламового насоса при полностью открытой выходной задвижке. При этом были достигнуты следующие положительные результаты:

- за счет ПЧ «ЭРАТОН-М5» осуществляется плавный пуск электродвигателя насоса с током не более номинального, что исключило перегрев электродвигателя и повысило срок его службы;
- плавный пуск шламового насоса позволил исключить удары механической части и увеличить межремонтные периоды и продолжительность срока службы шламового насоса;
- работа при полностью открытых задвижках увеличила срок их службы;
- после установки ПЧ «ЭРАТОН-М5» питание печей шламом производится без пульсаций шлама на шлампитателе, что позволило повысить качество клинкера;
- достигнута экономия электроэнергии за счет снижения нагрузки электродвигателя при снижении производительности насоса путем снижения оборотов его вала и снижения местного сопротивления полностью открытой задвижки.

## 2. Цех «Помол»

### 2.1. Электропривод тарельчатых питателей цементной мельницы №6

Применение ПЧ «ЭРАТОН-М5-11-0-2» (11 кВт) для регулирования производительности тарельчатых питателей клинкера, гипса и шлака цементной мельницы №6 позволило обеспечить высокую управляемость системы подачи компонентов в цементную мельницу, повысить качество работы цементной мельницы и качество выпускаемого цемента. Кроме высоких технологических результатов применение ПЧ «ЭРАТОН-М5» обеспечило:

- снижение пусковых токов электродвигателей и повышение срока их службы;
- снижение потребления электроэнергии на 15-20%.

### 2.2. Электропривод вентилятора аспирации цементной мельницы №1

До установки ПЧ «ЭРАТОН-М5» на вентиляторе аспирации цементной мельницы №1 регулирование производительности вентилятора осуществлялось с помощью шибера. Недостатком шибера является повышенное потребление электроэнергии электродвигателем, которое расходуется на преодоление сопротивления шибера при снижении производительности вентилятора закрытием шибера. Сопутствующим недостатком является прямой пуск электродвигателя вентилятора, сопровождающийся 6-7 кратными бросками пускового тока, и ударными пусковыми моментами, сокращающими срок службы электродвигателя и механического оборудования вентилятора.

Применение ПЧ «ЭРАТОН-М5-90-0-1» (90 кВт) для регулирования производительности вентилятора аспирации цементной мельницы №1 позволило обеспечить плавный пуск вентилятора и снизить в два раза величину потребляемой электроэнергии за счет регулирования производительности вентилятора изменением его оборотов при полностью открытом шибере. Годовая экономия электроэнергии за счет ПЧ «ЭРАТОН-М5» составляет величину порядка 250000 кВт х час, что в денежном выражении обеспечивает экономию средств на оплату электроэнергии в сумме 312 тыс. руб. при стоимости ПЧ «ЭРАТОН-М5-90-0-1» в настоящее время на уровне 270 тыс. руб. с НДС.

## 3. Цех «Обжиг»

### 3.1. Электропривод решеток холодильников «Волга-50»

До установки ПЧ «ЭРАТОН-М5» с асинхронными электродвигателями на решетках холодильников использовались электроприводы постоянного тока по системе Г-Д.

Электроприводы постоянного тока по системе Г-Д не обеспечивали высокое качество работы холодильников из-за перегрузок электродвигателей и низких регулировочных свойств используемой системы управления. Существенные недостатки электропривода по системе Г-Д приводили к частым завалам холодильников, выходу из строя дорогостоящих электродвигателей постоянного тока, длительным простоям печей из-за необходимости замены сгоревших электродвигателей и завалов холодильников, что сопровождалось потерями выпуска продукции и непроизводительному расходу газа при простоях печей. Обслуживание электропривода холодильников по системе Г-Д также требовало высоких эксплуатационных затрат. Например,

ремонт электродвигателя постоянного тока в системе Г-Д обошелся в сумму порядка 100 тыс. руб. Ремонт гонного двигателя и генератора постоянного тока системы Г-Д также обошелся в сумму порядка 100 тыс. руб. Ремонты были весьма частыми из-за частых перегрузок и выхода из строя электрических машин. Еще одним недостатком электропривода по системе Г-Д было высокое потребление электроэнергии.

Замена электродвигателей постоянного тока на относительно дешевые асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором типа АИР200М4 мощностью 37 кВт и установка ПЧ «ЭРАТОН-М5-37-0-2» на колосниковых холодильниках позволили получить следующие положительные результаты:

- за время эксплуатации ЧРЭП на холодильниках с 2006 г. ни один электродвигатель решеток холодильника не вышел из строя и не было ни одного простоя печи из-за сгоревшего электродвигателя на решетках холодильника;
- применение более мощных асинхронных электродвигателей по сравнению с двигателями постоянного тока в комбинации с использованием высокомоментных бездатчиковых электроприводов с векторным управлением моментом типа «ЭРАТОН-М5» позволило устранить проблему завала холодильников и существенно уменьшить простои печей по этой причине;
- ПЧ типа «ЭРАТОН-М5» обеспечил большой диапазон регулирования числа ходов решеток холодильников, что позволило обеспечить более равномерный слой клинкера в холодильниках и повысить качество клинкера;
- переход на частотно-регулируемый электропривод переменного тока позволил существенно снизить потребление электроэнергии, т.к. потребляемые ПЧ «ЭРАТОН-М5» токи уменьшились в 3-4 раза по сравнению с электроприводом по системе Г-Д;
- уменьшены эксплуатационные затраты на ремонт электрооборудования.

### 3.2. Электропривод большого клинкерного транспортера

Большой клинкерный транспортер собирает клинкер с четырех печей обжига клинкера и транспортирует в склад. До установки ПЧ «ЭРАТОН-М5» на клинкерном транспортере использовался двухскоростной асинхронный электродвигатель, который не позволял регулировать скорость транспортера при изменении загрузки транспортера в требуемом диапазоне. Это приводило к повышенному износу механической части транспортера при высокой скорости в условиях неполной работы печей, завалам транспортера при повышенной загрузке, непроизводительным затратам электроэнергии, высоким эксплуатационным расходам на ремонт транспортера.

Установка ПЧ «ЭРАТОН-М5-55-0-2» (55 кВт) на клинкерный транспортер позволила:

- осуществлять плавный пуск транспортера без перегрузок электродвигателя;
- плавно регулировать скорость транспортерной ленты при изменении выхода клинкера;
- увеличить межремонтные периоды механической части транспортера в 1,3 — 1,5 раза;
- снизить эксплуатационные затраты на обслуживание транспортера на 30-50%;
- существенно снизить потребление электроэнергии электроприводом транспортера.

Таким образом, применение частотно-регулируемых электроприводов с короткозамкнутыми асинхронными электродвигателями и преобразователями «ЭРАТОН» производства ЗАО «ЭРАСИБ» на технологических механизмах цементного производства ОАО «Искитимцемент» показало их высокую эффективность, что выразилось в увеличении количества и повышении качества продукции, снижении эксплуатационных затрат на ремонт оборудования, экономии газа и электроэнергии, улучшении условий труда обслуживающего персонала.

Положительный опыт применения преобразователей частоты «ЭРАТОН» на заводе ОАО «Искитимцемент» начиная с 2007 года был распространен на ряд цементных заводов ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп». В настоящее время преобразователи частоты «ЭРАТОН» производства ЗАО «ЭРАСИБ» работают на трех цементных заводах ОАО «ЕВРОЦЕМЕНТ групп»: ЗАО «Мальцовский портландцемент», ОАО «Ульяновскцемент», ЗАО «Белгородский цемент».

На заводе ЗАО «Мальцовский портландцемент» работает восемь ПЧ «ЭРАТОН-М5-55-0-2» (55 кВт) на приводах решеток холодильников «Волга-75» четырех печей обжига клинкера. На заводе ОАО «Ульяновскцемент» работает восемь ПЧ «ЭРАТОН-М5-37-С-2» (37 кВт) на

приводах решеток холодильников «Волга-50» также на четырех печах обжига клинкера. Частотно-регулируемые электроприводы с преобразователями частоты «ЭРАТОН-М5» установлены взамен устаревших электроприводов постоянного тока. В результате такой замены получен значительный эффект.

На заводе ЗАО «Белгородский цемент» в 2010 году впервые был применен частотно-регулируемый электропривод (ЧРП) с транзисторным преобразователем частоты типа «ЭРАТОН-ФР-630» (630 кВт) разработки и производства ЗАО «ЭРАСИБ» на главном приводе печи обжига клинкера №6. Преобразователь частоты «ЭРАТОН-ФР-630» заменил роторную резисторно-контакторную пусковую станцию высоковольтного асинхронного электродвигателя с фазным ротором. Структурная схема силовых цепей ЧРЭП с преобразователем частоты «ЭРАТОН-ФР-630» для главного привода печи обжига клинкера ЗАО «Белгородский цемент» изображена на рис. 1.

Технические характеристики ЧРП «ЭРАТОН-ФР»

- Преобразователь частоты «ЭРАТОН-ФР» устанавливается между цепью ротора асинхронного двигателя с фазным ротором и питающей сетью взамен пусковой резисторно-контакторной станции.
- Пусковая роторная станция сохраняется в горячем резерве, что повышает надежность электропривода.
- «ЭРАТОН-ФР» регулирует момент и скорость высоковольтного асинхронного двигателя с фазным ротором (АД ФР) за счет введения регулируемой ЭДС в цепь ротора без потерь мощности в резисторах.
- «ЭРАТОН-ФР» в общем случае обеспечивает:
  - плавный пуск асинхронного электродвигателя с минимальным током;
  - плавное, безударное регулирование скорости электродвигателей в диапазоне 1:70 без датчика скорости и положения вала двигателя;
  - точность поддержания частоты вращения в установившихся режимах  $0,01n_{ном}$ ;
  - требуемую перегрузку по моменту электродвигателя;
  - быстродействие регулирования момента электродвигателей не менее  $2M_{ном/сек}$ ;
  - равномерное распределение нагрузки между двумя электродвигателями;
  - рекуперативное торможение с указанными выше параметрами;
  - регулирование скорости АД ФР выше синхронной.

Преимущества ЧРП с роторным преобразователем частоты «ЭРАТОН-ФР»

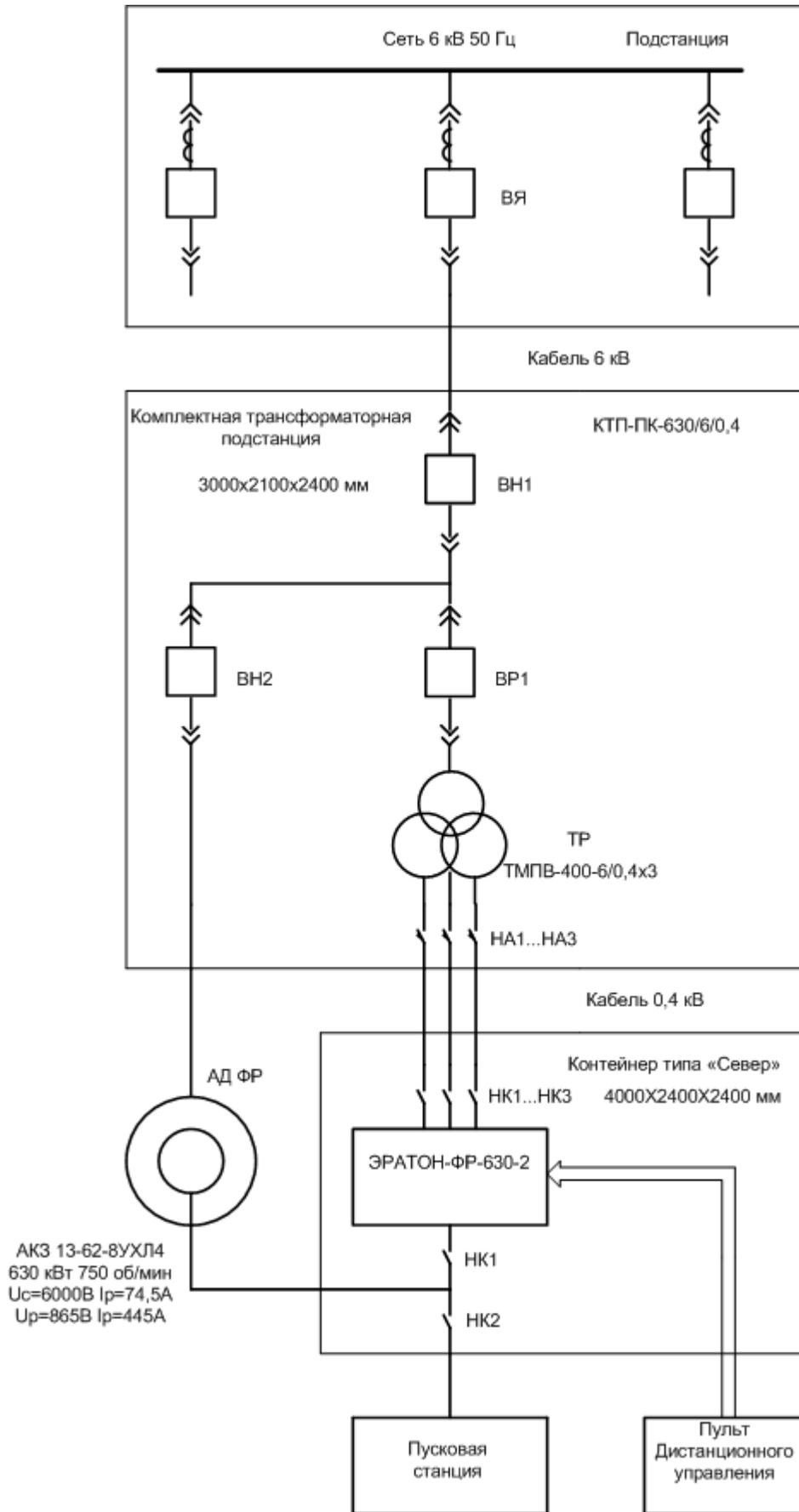
По сравнению с ЧРП с преобразователем частоты в статоре высоковольтного электродвигателя ЧРП «ЭРАТОН-ФР»:

- имеет меньшую стоимость за счет меньшего напряжения ротора и, соответственно,
- меньший срок окупаемости;
- не требует замены двигателя с фазным ротором;
- обеспечивает режим рекуперативного торможения и высокие динамические показатели электропривода с пульсирующим моментом нагрузки.

Характеристики главного привода печи обжига клинкера с преобразователем частоты «ЭРАТОН-ФР-630» для ЗАО «Белгородский цемент»:

- Электродвигатель АКЗ 13-62-8УХЛ4 630 кВт 750 об/мин.
- ЧРП обеспечивает плавный пуск и регулирование оборотов от 70% до 115% синхронной скорости АД ФР.
- ЧРП обеспечивает перегрузку 150% в течение 60 сек.
- Контейнерное размещение ЧРП рядом с электродвигателем при  $T=-40+50^{\circ}C$ .
- Комплект поставки ЧРП:
  - преобразователь частоты ЭРАТОН-ФР-630-2 с ПДУ;
  - комплектная трансформаторная подстанция КТП-ПК-630-6/0,4;
  - контейнерный модуль типа «Север»;
- Цена комплекта поставки с ПНР 5770 тыс. руб. с НДС.

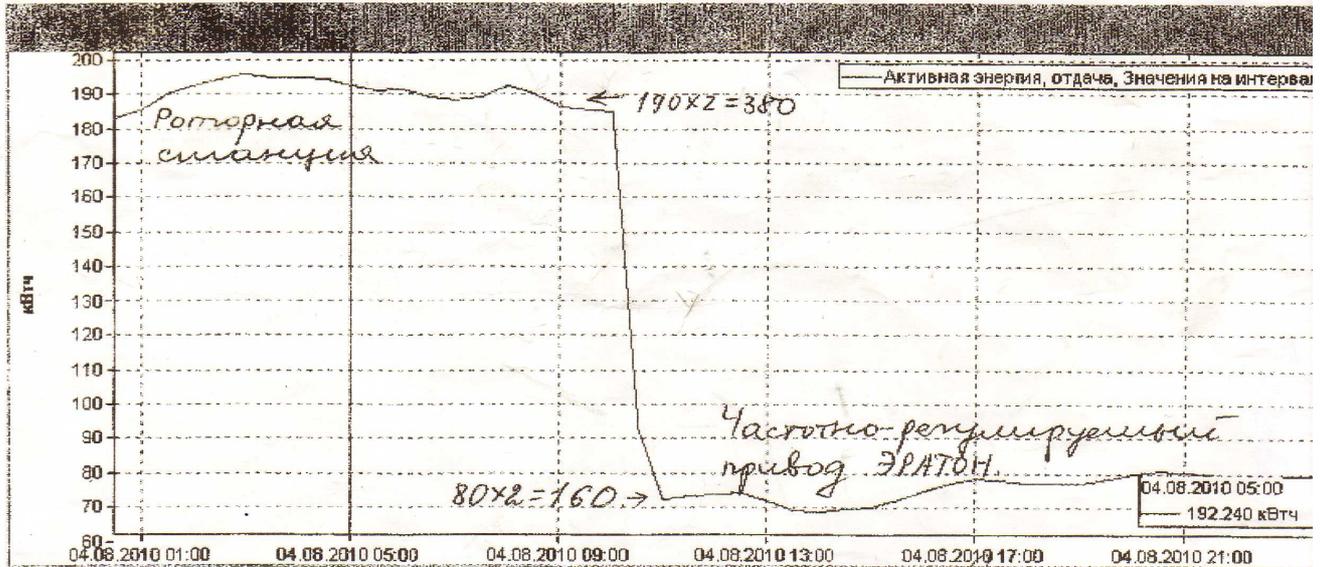
В результате модернизации главного привода печи обжига клинкера печи №6 ЗАО «Белгородский цемент» с применением преобразователя частоты «ЭРАТОН-ФР» обеспечены плавный пуск и плавное регулирование скорости печи без скачков момента электродвигателя и потерь мощности в сопротивлениях пусковой роторной станции. Это создало предпосылки повышения срока службы футеровки печи и обеспечило экономию электроэнергии, что иллюстрируется графиком энергопотребления электроприводом печи обжига клинкера на рис. 2.



Однолинейная схема главного привода печи обжига №6 (№7) ЗАО «Белгородский цемент»

Рисунок 1:

Вращающаяся печь №6.  
График (получасовой) потребления  
электроэнергии.  
4.08.10.



Главный энергетик *[Signature]* /Белогорев/

3.09.10.

Рисунок 2: График энергопотребления электроприводом печи обжига клинкера №6 ЗАО «Белгородский цемент» с роторной резисторно-контакторной станцией и с электроприводом «ЭРАТОН-ФР-630»

Предложения к внедрению ЧРП производства ЗАО «ЭРАСИБ» на цементных заводах:

1. На базе имеющегося опыта применения на цементных заводах предлагаем поставку низковольтных ЧРП типа «ЭРАТОН-М5» для всех производственных механизмов, в том числе

- для приводов решеток холодильников;
- шламовых насосов;
- вентиляторов холодильников;
- вентиляторов аспирации цементных мельниц;
- клинкерных транспортеров;
- главных приводов печей обжига с низковольтными электродвигателями и др.

2. На базе опыта разработок ЧРП для ЗАО «Белгородский цемент» и ООО «Ангарский цементный завод» предлагаем поставку частотно-регулируемых электроприводов типа «ЭРАТОН-ФР»

- для главных приводов печей обжига клинкера с высоковольтными электродвигателями с фазным ротором;
- для дымососов с высоковольтными электродвигателями с фазным ротором.

3. На базе имеющегося опыта применения ЧРП типа «ЭРАТОН» в других отраслях промышленности предлагаем применять на цементных заводах следующие типы ЧРП производства ЗАО «ЭРАСИБ»:

3.1. Крановые ЧРП на базе преобразователей «ЭРАТОН-М5» с активным и рекуперативным торможением.

Электроприводы «ЭРАТОН-М5» для кранов в настоящее время работают в производственном режиме на механизмах главного и вспомогательного подъема технологических кранов Братского алюминиевого завода. Крановые электроприводы «ЭРАТОН-М5» целесообразно использовать при модернизации грейферных кранов на цементных заводах.

3.2. Высоковольтные ПЧ «ЭРАТОН-ВНВ» по двухтрансформаторной схеме.

ПЧ «ЭРАТОН-ВНВ-6-315» (315 кВт 6 кВ) внедрен на насосной станции в г. Ачинске. Преобразователи частоты «ЭРАТОН-ВНВ» имеют относительно малую стоимость и их целесообразно использовать для регулирования производительности насосов, вентиляторов и дымососов с высоковольтными асинхронными электродвигателями мощностью до 1600 кВт.

3.3. Высоковольтные ПЧ «ЭРАТОН-В» с входным согласующим трансформатором и высоковольтным инвертором напряжения.

ПЧ «ЭРАТОН-В-1000» внедрен на заводе НЗХК для регулирования производительности вентилятора с высоковольтным синхронным электродвигателем. ПЧ «ЭРАТОН-В» на цементных заводах целесообразно использовать для регулирования производительности мощных дымососов с приводными синхронными электродвигателями, плавного пуска и регулирования скорости печей обжига клинкера с мощными короткозамкнутыми асинхронными электродвигателями, а также для плавного безударного пуска высоковольтных электродвигателей различного типа (асинхронных с КЗ ротором и синхронных), получающих питание от одной подстанции. В последнем случае преобразователь частоты «ЭРАТОН-В» устанавливается на подстанции и поочередно запускает все высоковольтные электродвигатели (синхронные и асинхронные), питающиеся от данной подстанции. ПЧ «ЭРАТОН-В» по сравнению с устройствами безударного пуска на базе инверторов тока, применяющихся для пуска цементных мельниц с синхронными электродвигателями, позволяет пускать электродвигатели любого типа, что создает экономию затрат на оборудовании станции безударного пуска, т.к. не требуется дополнительное устройство для пуска асинхронных электродвигателей, получающих питание от той же подстанции, что и цементные мельницы.

В целом преобразователи частоты «ЭРАТОН» производства ЗАО «ЭРАСИБ» показали высокую надежность и эффективность при решении задач модернизации технологических механизмов цементного производства и могут быть использованы для управления всеми технологическими механизмами современного цементного завода.