

ENGINEERING
TOMORROW

Danfoss

Система электромагнитного перемешивания металла VEDAEMS

Попов А. - Заместитель
директора по разработке новой
продукции



Современные технологии перемешивания металла



Пневматическое перемешивание

расплавленного металла – реализуется путем продувки инертным газом.



Электромагнитное – за счет взаимодействий индуцируемого в жидкой стали электрического тока с внешним переменным электромагнитным полем.



Недостатки текущих решений

- ✓ Низкая энергоэффективность (для пневматических систем);
- ✓ Слабое понимание технологического процесса поставщиками;
- ✓ Низкий уровень технической поддержки;
- ✓ Сложное сервисное обслуживание;
- ✓ Нестабильное качество металла.

Применения МНЛЗ

МНЛЗ – машина непрерывного литья заготовок (или УНРС - установка непрерывной разливки стали).

На каждый ручей (размером 100x100-250x250) устанавливается **один или два индуктора** мощностью 200-300 кВт.

К каждому трехфазному индуктору подключается **свой привод (ПЧ)**.

В среднем на таких машинах применяют **от 2-6 ручьев**

Применения АКОС

Печь ковш – Не менее распространенным является и аббревиатурное название установок “ковш-печь”: АКОС – агрегат комплексной обработки стали.

Обычно (но не всегда) на данных агрегатах применяют электромагнитные перемешивали. Устанавливается один привод на 1000-2100 А.

Катушки могут располагаться по высоте ковша, создавая бегущее магнитное поле параллельно оси либо по окружности ковша, создавая бегущее поле по касательной к окружности ковша



Решение Danfoss

- ✓ **Уникальный метод управления**, отличный от классического управления электродвигателем от преобразователя частоты.
- ✓ **Специализированное ПО**, позволяющее оператору управлять в динамике током и независимо от него задавать частоту вращения. Данное управление не является ни векторным, ни скалярным – фактически это прямое управление током индуктора. ПО при технологической необходимости (частный случай) позволяет сдвигать угол между катушками индуктора вместо 120° на 90° .
- ✓ **Максимальная гибкость управления** для различных технологий перемешивания металла.



Резонансное электромагнитное перемешивание

- ✓ Инновационная технология резонансного электромагнитного перемешивания расплавов (REMI Resonance electromagnetic influence)
- ✓ Стабильность качества выпускаемой стали
- ✓ Уменьшение затрат электроэнергии
- ✓ Повышение эффективности и надежности ЭМП
- ✓ Сокращение продолжительности ПНР

Основные принципы резонансного управления

- 
- ✓ С помощью преобразователя частоты и индуктора в расплав вводится амплитудно-частотно модулированное вращательное магнитное поле (АЧМ ВМП)
 - ✓ Частота модуляции АЧМ тока, рассчитываются по разработанному алгоритму
 - ✓ При воздействии на расплав АЧМ ВМП в расплаве возникают колебания с широким спектром частот
 - ✓ АЧМ ток индуктора с рассчитанной частотой модуляции создает условия для возбуждения колебаний с максимальной амплитудой в расплаве или в стенке пресс-формы.

Резонанс – практическая реализация на объекте



Существующая ЭМП

- Параметры АЧМ плотности тока вычисляются на основе разработанного алгоритма
- При введении АЧМ тока в катушки индуктора в расплаве (стенке молда) возбуждается максимальная амплитуда механических колебаний
- Резонанс усиливает эффект перемешивания в объеме всего расплава

- Резонанс не генерируется

Решение Данфосс



Эффекты внедрения



- ✓ Повышение химической и температурной однородности посредством достижения максимальной амплитуды механических колебаний
- ✓ Замедление роста дендритов за счёт улучшения тело- и массопереноса
- ✓ Улучшение осевой пористости посредством распространения механических колебаний во всем объёме жидкого ядра
- ✓ Понижение износа уровня неметаллических включений за счёт понижения средней угловой скорости ВМП
- ✓ Повышение срока службы катушек индуктора за счёт уменьшения среднего тока индуктора
- ✓ Экономия электроэнергии (5-20%) за счёт уменьшения среднего тока индуктора

Производство непрерывно литой заготовки

ЭМП УНРС

**Вращающееся
магнитное поле**

**Бегущее
магнитное поле**

ЭМП в
кристаллизаторе

ЭМП на
финальном
индукторе

ЭМП на ручье

Печь-ковш

Производство непрерывно литой заготовки

Существующие ЭМП

Система управления

Задание частоты и амплитуды тока

Преобразователь частоты. Параметры преобразователя частоты задаются оператором в соответствии с протоколом ведения процесса на ЭМП УНРС

ЭМП

Решение Данфосс

Система управления

Задание частоты и амплитуды тока

Преобразователь частоты. Изменения частоты и амплитуды тока осуществляются REMS контроллером через аналоговый вход преобразователя частоты

ЭМП

Контроллер

Основные технические характеристики

Тип инвертора: VACON NXP (Модули NXI, NXN);

Диапазон напряжений: 380-500 В;

Диапазон выходных токов: 385 -2150 А;

Рабочий диапазон частот: 0,5-5 Гц;

Реверс: 8-10 раз/час.



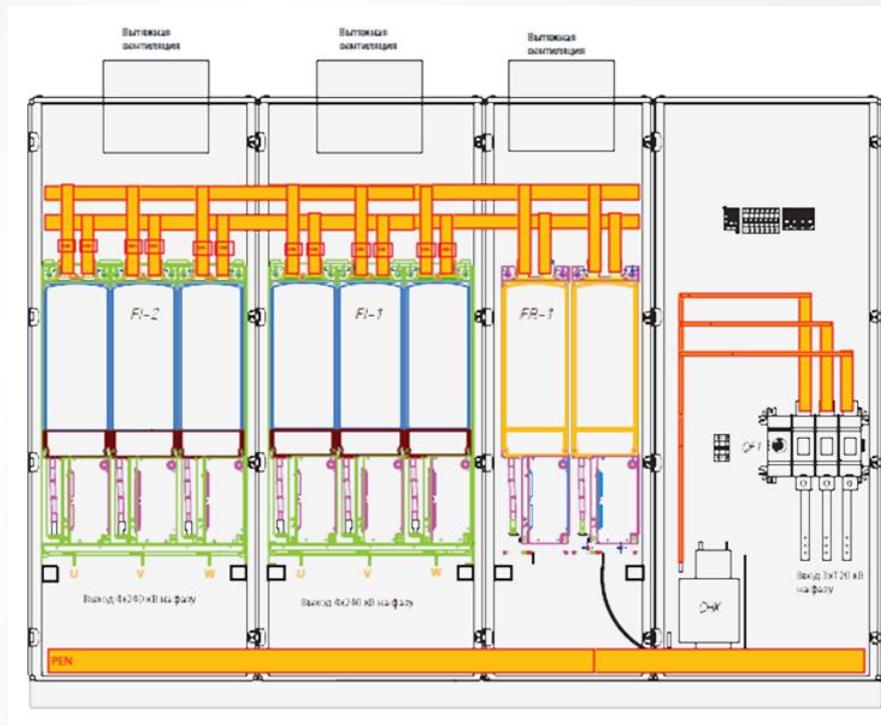
Основные конфигурации

Основные сведения об исполнениях модульных систем перемешивания EMS в ручье

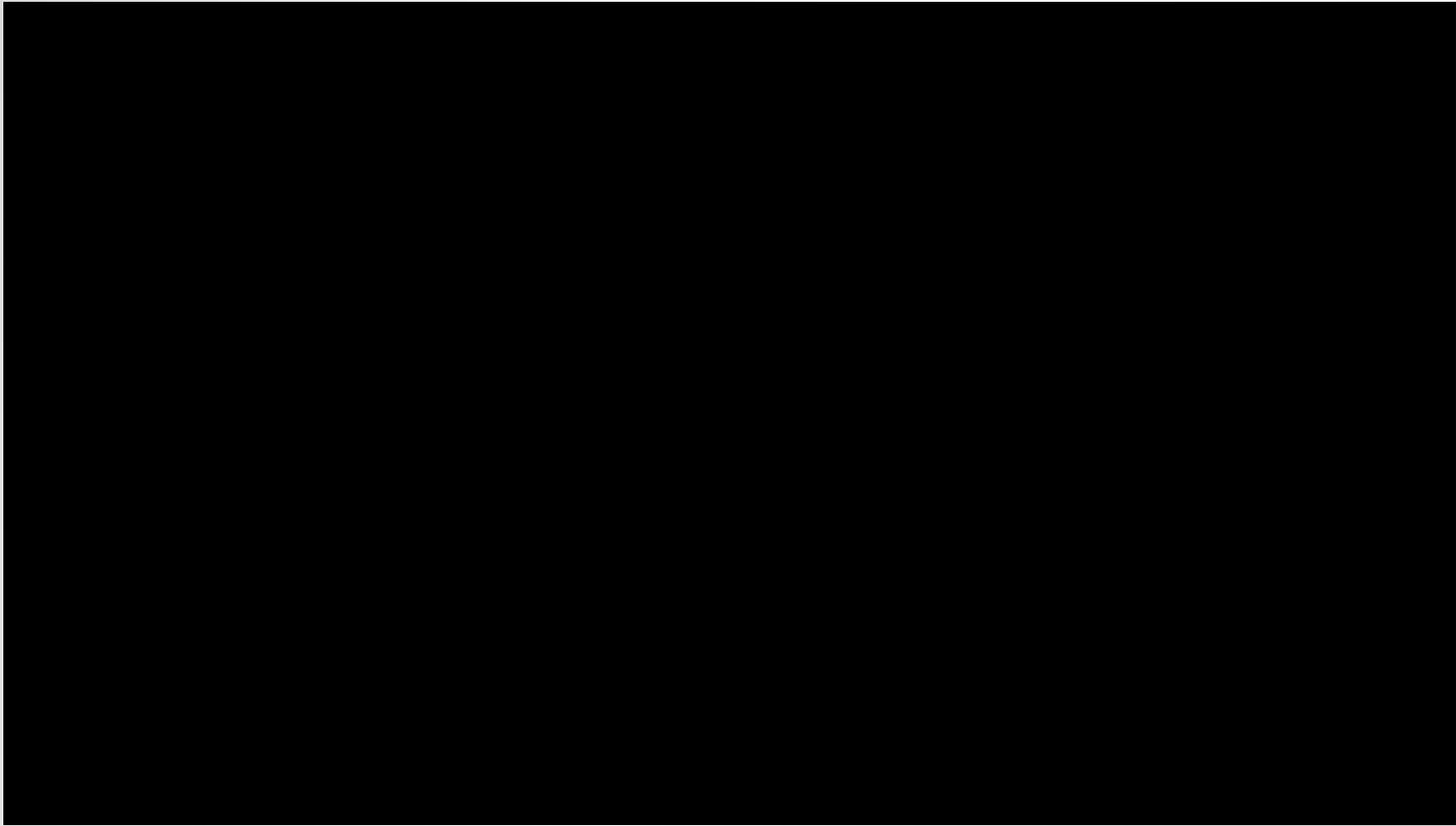
Исполнение	Номинальный ток модуля инвертора, А	Тип выпрямителя	Тип инвертора	Количество дросселей и их номинал	Габаритные размеры (Ш×Г×В), мм	Масса, кг	Количество вентиляторов
EMS – FR0650FI03851	385	1×FI9	1×FI10	1×400 А	1400×600×2100	450	1
EMS – FR0650FI04601	460	1×FI9		1×520 А			
EMS – FR0650FI05201	520	1×FI9		1×520 А			
EMS – FR1300FI05901	590	2×FI9	1×FI11	2×400 А	1600×600×2100	550	1
EMS – FR1300FI06501	650	2×FI9		2×400 А			
EMS – FR1300FI07301	730	2×FI9		2×400 А			
EMS – FR1300FI08201	820	2×FI9	1×FI12	2×520 А	2000×600×2100	750	1
EMS – FR1300FI09201	920	2×FI9		2×520 А			
EMS – FR1300FI10301	1030	2×FI9		2×520 А			
EMS – FR1300FI11501	1150	2×FI9	1×FI13	2×650 А	2200×600×2100	1200	2
EMS – FR1950FI13001	1300	3×FI9		3×520 А		1450	
EMS – FR1950FI14501	1450			3×520 А			
EMS – FR2600FI17701	1770	4×FI9	1×FI14	4×520 А	3600×600×2100	2200	4
EMS – FR2600FI21501	2150			4×650 А			

Успешно реализованный проект

- ✓ ГК ОМЗ Спецсталь (Колпино)
- ✓ 6 инверторов суммарным током 1150 А
- ✓ Тип нагрузки – ковш
- ✓ Система управления индуктором со смещение фаз обмоток на 90 градусов
- ✓ Управление от аналогового сигнала и по шине передачи данных



Успешно реализованный проект



Ключевые преимущества

- ✓ Более надежное решение в сравнении с аналоговым ЭМП
- ✓ Выход системы перемешивания на больший ток (лучший КПД, более высокая производительность)
- ✓ Использование инновационного метода резонансного электромагнитного перемешивания
- ✓ Уменьшение механического износа футеровки ковша
- ✓ Более интенсивное перемешивание металла в ручье
- ✓ Ускоренная флотация неметаллических включений и пузырьков газа
- ✓ Более гибкое управление процесса перемешивания при изменении типа или марки стали



A better tomorrow is
driven by drives