

лением пара в контуре высокого давления до 14 МПа. Во всех парогенерирующих контурах применяется либо принудительная либо естественная циркуляция котловой воды. Как правило, в горизонтальных котлах-утилизаторах применяется естественная циркуляция, в вертикальных — принудительная или естественная. В последнем случае для побуждения циркуляции при пусках котла-утилизатора предусматриваются специальные устройства или пусковые насосы.

Конструктивные особенности испарителей (развитые конвективные поверхности нагрева) и их компоновка в газоходах (опускное движение в вертикальных котлах и подъёмно-опускное в горизонтальных котлах) требуют глубокого изучения их гидродинамики для обеспечения надёжной работы во всех режимах эксплуатации ПГУ. Как следует из предыдущего раздела, применение сверхкритических параметров пара повышает КПД ПГУ, а для реализации перехода на эту ступень параметров пара альтернативы прямоточной генерации пара в верхнем контуре не существует.

#### Литература

1. Цанев С. В., Буров В. Д. Ремезов А. И. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций. М.: Издательство МЭИ, 2002.
2. Ольховский Г.Г., Гончаров В. В. Основные технические направления и тенденции развития рынка газотурбинной и парогазовой тематики (обзор). М.ВТИ. 2007.
3. Подворный Г. К. Применение газотурбинных и парогазовых технологий при реконструкции ТЭЦ и котельных. /Г. К. Подворный . // Электрические станции. -2012. - № 4.

*Г.С. Ленецкий, к. т. н., доц.; Н.А. Рыбаков, асп., В.В. Воробьёв, асп.  
(ГУВПО «Белорусско-Российский университет» г. Могилёв)*

## **ПРИМЕНЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ТЯГОВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТРАНСМИССИИ НА ТРАКТОРАХ**

Проектирование тягового электрооборудования состоит из следующих этапов:

- Анализ технических требований к транспортному средству, провести моделирование с учётом всех режимов работы, проведение тягово-динамических расчётов;
- Определение требований ко всем компонентам;
- Проектирование компонентов тягового электропривода;
- Проектирование вспомогательных систем питания и охлаждения.
- Алгоритм управления транспортным средством для реализации оптимальных режимов работы в режиме максимальной топливной эффективности. Для гибридных транспортных средств определяются параметры и тип накопителя энергии;
- Алгоритм управления потоками энергии;
- Структура управления транспортным средством.

Основными преимуществами использования тягового электропривода в транспортных средствах являются значительная экономия топлива и снижение

вредных выбросов в окружающую среду. Также при использовании электропривода следующие преимущества:

- Повышенная надежность и ремонтпригодность, более легкое вождение за счет устранения коробки передач;
- Реализация режимов (рекуперация энергии торможения);
- Удержание и плавный старт на уклоне;
- Повышенная точность и динамические характеристики;
- Меньшая зависимость от факторов окружающей среды.
- Увеличивает ресурс двигателя и трансмиссии благодаря исключению передачи динамических нагрузок от ходовой системы на ДВС и неравномерности крутящего момента ДВС на узлы ходовой системы;
- Обеспечение бесступенчатого регулирования скорости;
- Точность поддержания скорости трактора;

При рассмотрении электрических тракторов следует говорить о тяговом электроприводе с источником питания. В основном это двигатель внутреннего сгорания (ДВС), но все чаще в качестве источника энергии для тракторов используются литиевые батареи, электрохимические генераторы и солнечные батареи.

Применение тягового электропривода в тракторах: тяговый генератор с приводом от двигателя внутреннего сгорания, тяговые электродвигатели (их может быть 1,2,3,4 в зависимости от количества колес), приводной двигатель ВОМ, приводной двигатель гидронасоса и др.

Трактор с электрическим тяговым приводом может иметь следующие конструктивные схемы, в зависимости от конструкции трактора:

- Один тяговый двигатель соединен с главной передачей ведущего моста;
- Два электродвигателя, соединены с главной трансмиссией ведущих мостов полноприводного трактора;
- Три электродвигателя, когда задние колеса колесного трактора приводятся в движение двумя отдельными электродвигателями, а передние-одним через главную передачу. Такое решение маловероятно, но возможно;
- Четыре электродвигателя, каждое ведущее колесо колесного трактора приводится в движение индивидуально;

Трактор с применяемым тяговым электроприводом управляется не прямым воздействием на приводные элементы, а опосредованным воздействием на систему автоматического управления. Благодаря управлению силовыми агрегатами через систему автоматического управления появляется возможность в значительной мере упростить реализацию управления системой дистанционно или ее автоматизировать.

За счет исключения коробки передач, сцепления и карданного вала обычно удается значительно снизить общий вес силового оборудования. Важным фактором является уменьшение инерции вращающихся масс. Следует отметить, что для ряда транспортных средств, особенно тихоходных, вследствие больших значений коэффициентов приведенная инерция вращающихся масс сопоставима или даже значительно превышает инерцию самого транспортного средства.

Особенностью является свободная компоновка: тяговый электропривод и блок питания можно разместить в любых местах трактора, где это наиболее удобно.

Управление тяговыми приводами тракторов и их составными частями должно формироваться с учетом характеристик и особенностей контролируемых объектов и режимов их работы. Рационально организованное управление позволит в полной мере реализовать те преимущества, которые сулит данное направление развития тракторной техники.

Трактор с тяговым электроприводом открывает возможность разработки автономной модели трактора, которая способна функционировать без водителя. Инновационный блок включает в себя полностью интерактивный интерфейс, благодаря которому открывается возможность дистанционного управления запрограммированными операциями. Ширина навесного оборудования определяется системой автоматически. Система позволяет построить оптимальные маршруты движения с учетом рельефа местности, препятствий и наличия других транспортных средств на участке работы трактора. С помощью компьютерного интерфейса или портативного планшета, оператор может управлять траекторией движения трактора, наблюдая за его работой при этом находясь на расстоянии.

Использование периферийных устройств (таких как радар, лидар, видеокамеры), установленных на тракторе, позволяет технике определять статичные или движущиеся помехи на пути следования. При обнаружении помехи, машина может самостоятельно останавливаться, ожидая команды оператора, предупрежденного о помехе звуковым или визуальным сигналом. Оператору будет предоставлен новый возможный маршрут движения или возможность задать его самостоятельно.

При утрате сигнала SR или данных о местоположении, а также при нажатии кнопки " стоп " трактор сразу прекращает дальнейшее движение. Выполняемые операции машиной могут быть изменены в режиме реального времени с помощью удаленного интерфейса. Можно утверждать, что данная технология может быть эффективно реализована на комбайнах или любой другой технике без использования кабины.

Подобную концепцию можно применить на полностью электрических тракторах или тракторах с использованием тягового электропривода с электро-механической трансмиссией. Это снизит расходы на обслуживание и улучшит экологию окружающей среды.

#### Литература

- 1.Анучин, А.С. Системы управления электроприводом / А.С. Анучин. Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. – 373 с.
- 2.Епифанов, А.П. Электропривод в сельском хозяйстве: Учебное пособие / А.П. Епифанов, А.Г. Гуцинский, Л.М. Малайчук. – СПб.: Лань, 2016 – 224.2
- 3.Щетинина, В.А. Электромобиль. / В.А. Щетинина, Ю. Я. Морговский, Б.И. Центер, В.А. Богомазов. 1837. -253с.
4. Набоких, В. А. Электрооборудование автомобилей и тракторов: Учебник / В.А. Набоких. – Academia, 2015. -220с.