

Энергоэффективные электроприводы разработки и производства НПП «ЭКРА»

М.И. Альтшуллер (Чебоксары, Россия)
altshuller-m@ekra.ru

канд. техн. наук. Заведующий
отделом электропривода НПП «ЭКРА»

С.А. Лазарев
lazarev-s@ekra.ru

канд. техн. наук. заведующий
кафедрой САУЭП Чувашского
государственного университета, ведущий специалист
отдела электропривода НПП «ЭКРА»

Рассмотрена преобразовательная техника производства НПП «ЭКРА» используемая в высоковольтном электроприводе напряжением 6 и 10 кВ, мощностью до 12,5 МВА и аспекты её применения для решения задач энергосбережения, увеличения ресурса электропривода, а так же автоматизации технологических процессов

Материалы и методы

Опыт внедрений. Обработка результатов экспериментальных исследований.

Ключевые слова

транспорт нефти, электрический привод, преобразователь частоты, устройство плавного пуска, автоматизация технологического процесса

Energy-efficient drive systems are designed and manufactured by EKRA Ltd.

Authors

Marks I. Al'tshuller (Cheboksary, Russia)

candidate of technical sciences,
head of the Electrical Drive
Department, EKRA Ltd.

Sergey A. Lazarev

candidate of technical
sciences, Leading expert,
Electrical Drive Department,
EKRA Ltd.

Abstract

Considered converter equipment produced by EKRA Ltd. is used in high-voltage electric drive voltage of 6 kV and 10 kV, with a capacity of 12.5 MVA and aspects of its application to

Наиболее эффективным решением задачи ресурсосбережения с одновременной экономией электроэнергии при регулировании таких технологических параметров как давление и расход жидкости является применение частотно-регулируемого электропривода насосного агрегата. Так, например, применение частотно-регулируемого электропривода в технологии транспорта нефти позволит:

- уменьшить расходы электроэнергии до 30%;
- снизить расхода ресурсов на 2-3% за счёт стабилизации давления в трубопроводе и уменьшить утечки;
- уменьшить строительные объёмы зданий и сооружений при вводе новых мощностей и оптимизации энергосистемы потребителя за счёт снижения пиковой мощности;
- уменьшить износ электротехнического и гидромеханического оборудования;
- снизить вероятности возникновения аварий, вызванных гидроударами благодаря плавному изменению режимов работы насосных агрегатов.

Современный частотно регулируемый электропривод среднего напряжения 6–10 кВ ЭСН мощностью 630–2500 кВт, разработанный и выпускаемый НПП «ЭКРА» обеспечивает плавный последовательный запуск нескольких двигателей с последующим переходом к питанию от сети даже при соизмеримой мощности электродвигателя и питающего его трансформаторной подстанции либо дизель-генераторной электростанции. Он обеспечивает регулирование скорости насосного агрегата, а, следовательно, его производительности, по заданному технологическому закону, легко интегрируется в автоматизированную систему управления насосной станцией.

Применение в электроприводе ЭСН многоуровневой схемы построения высоковольтного инвертора ограничивает du/dt на выходе преобразователя, что ослабляет негативное влияние на изоляцию электродвигателя и не требует применения дорогостоящего синусного фильтра на выходе преобразователя, а также отодвигает на второй план проблему «длинного кабеля» между преобразователем частоты и электродвигателем. К другим достоинствам электропривода ЭСН с многоуровневым преобразователем и каскадным включением инверторов относятся:

1. За счет однократного преобразования энергии в первичном трансформаторе и однократного в автономном инверторе напряжения результирующее значение КПД преобразователя частоты (достигающее 97%) заметно выше, чем для других схемных решений, что снижает суммарную мощность на охлаждение установки и уменьшает срок окупаемости преобразователя.

2. Высокий коэффициент мощности установки (до 0,95 при нагрузке выше 10% от номинала), постоянный во всем диапазоне изменения нагрузок и скорости электропривода ведет к отсутствию необходимости в покупке мощных и дорогостоящих фильтров и компенсирующих устройств для подавления гармоник тока в питающей преобразователь сети. При этом снижаются реактивные и результирующие токи потребления преобразователя со стороны питающей сети, уменьшаются сечения проводников кабельных линий, исключаются перегрузки питающих фидеров, выключателей и трансформаторов реактивной мощностью. К тому же отсутствие в питающей сети высших гармоник (коэффициент содержания высших гармонических менее 3%) позволяет избежать штрафных санкций снабжающих электроэнергией компаний.
3. За счет высокой несущей частоты коммутации силовых транзисторов (4 КГц) выходной ток преобразователя близок к синусоидальному (коэффициент содержания высших гармонических менее 0,5%), что не требует установки на выходе преобразователя частоты дорогостоящего и выделяющего существенные потери энергии синусного фильтра.
4. В данном преобразователе полностью решены проблемы синхронизации выходного напряжения инвертора с питающей сетью для обеспечения переключения питания электродвигателя от преобразователя на сеть и обратно, что особенно важно с позиций применения ограниченного числа преобразователей для питания большого числа электродвигателей в составе технологической установки. Иными словами, используя лишь один преобразователь, можно обеспечить плавный частотный пуск любого электродвигателя, вывести его на частоту 50 Гц, переключить на сеть и затем вновь использовать преобразователь частоты для пуска другого электродвигателя или регулирования производительности технологической установки.
5. В электроприводе реализована векторная структура управления, необходимая по условиям тяжелого пуска рабочего механизма. К тому же в подобных векторных структурах заложена возможность стабилизации скорости по ЭДС электродвигателя, т.е. бездатчиковая система управления скоростью электродвигателя в которой отсутствует тахогенератор, установка которого часто бывает проблематична. Динамика электропривода с такой структурой достаточна для большинства применений высоковольтного электропривода и позволяет ограничивать пусковые токи электродвигателей на желаемом либо допустимом уровне.

Многоуровневый преобразователь частоты ЭСН с каскадным включением инверторов идеально подходит для применения с электродвигателем, работающим на низкой синхронной частоте вращения. Высокий и стабильный коэффициент мощности поддерживается во всем диапазоне скорости вращения при использовании любых стандартных асинхронных и синхронных электродвигателей.

В настоящее время три электропривода с преобразователями ЭСН мощностью 630 кВА запущены в эксплуатацию и работают в режиме регулирования скорости по заданному технологическому параметру.

Другим ресурсосберегающим решением для высоковольтных электроприводов, не требующих регулирования скорости по технологическим причинам, является применение устройства плавного пуска, предназначенного для ограничения пускового тока, прежде всего асинхронного двигателя, но может быть использовано и для асинхронного пуска синхронного двигателя. Регулирование пускового тока на заданном уровне осуществляется путем фазового управления тиристорами регулятора напряжения, посредством которого меняется действующее значение напряжения подводимого к статору электродвигателя.

Серия пусковых устройств ШПТУ производства НПП «ЭКРА» позволяет реализовать плавный безударный запуск высоковольтных электродвигателей мощностью от 300 кВт до 12,5 мВт. Сравнительный анализ провалов напряжения при пуске электродвигателя СТДП-12500кВт 10кВ с дожимным компрессором работающим на закрытую задвижку показал уменьшение провала напряжения до 7% против 23% при прямом пуске. При этом снимается ограничение на число пусков электродвигателя, экономится ресурс, как самого электродвигателя, так и приводимого механизма и уменьшается пиковая нагрузка на питающую сеть.

Опыт наладки устройств плавного пуска с фазовым принципом управления показывает, что асинхронные электродвигатели насосов плавно пускаются с пусковыми токами (3-4) $I_{ном}$, синхронные электродвигатели со статическими возбудителями — токами $2,5 I_{ном}$, а синхронные двигатели с вращающимися возбудителями — токами (2,5-3) $I_{ном}$.

Устройство ШПТУ с успехом применяется для исключения броска тока при включении силового трансформатора путем его плавного намагничивания

Применительно к плавному пуску синхронного электродвигателя разработано и серийно выпускается НПП «ЭКРА» устройство плавного пуска ШПТУ-ВИ принцип действия, которого основан на использовании инвертора тока ведомого синхронной машиной. Достоинством такого схемотехнического решения является использование, как в управляемом выпрямителе, так и в инверторе полупроводниковых тиристорных с простой системой фазового управления. Регулирование тока инвертора осуществляется с помощью управляемого выпрямителя выполненного на полупроводниковых тиристорах с фазовым управлением. Так, например, при частотном пуске синхронного электродвигателя 3700 кВт турбокомпрессора от ШПТУ-ВИ провалы питающего напряжения на входе пускового устройства, обусловленные пусковыми токами, не превышают значений, установленных ГОСТ 13109-97(2002) и соответствуют:

- не более 3% от номинального напряжения при пусковом токе, не более 0,75 номинального тока статора;
- не более 2% от номинального напряжения при пусковом токе, не более 0,45 номинального тока статора.

Устройство плавного пуска высоковольтных синхронных электродвигателей ШПТУ-ВИ является хорошим экономически оправданным решением для нерегулируемых механизмов, таких как мельницы, конвейеры с тяжелыми условиями пуска, компрессоры, воздухоподогреватели и насосы при небольшом регулировании производительности (менее 10%) с помощью задвижки.

Другая важная предпосылка применения регулируемого электропривода объясняется технологической необходимостью оптимизация технологического процесса путем автоматического изменения технологических параметров в функции скорости. Для реализации этой задачи НПП «ЭКРА» предлагает автоматизированные системы пуска и управления скоростью высоковольтных синхронных и асинхронных электродвигателей (АСУ СПП) предназначенные для обеспечения:

solving energy, resources drive, as well as process automation

Materials and methods

Experience of implementation.

Processing of the results of experimental studies.

Results

Introduced Softstarter and variable frequency drive with synchronous and asynchronous motors in automated control systems of technological equipment JSC «Transneft»

Conclusions

Application of frequency-controlled electric pump unit provides power savings of up to 40%. The use of the soft starter motor reduces its starting currents and removes the limitation on the number of starts.

Keywords

transportation of oil, electric drive, frequency inverter, soft starter, automation of the process

References

1. *Elektricheskaya energiya. Sovmestimost' tekhnicheskikh sredstv elektromagnitnaya. Normy kachestva elektricheskoy energii v sistemakh elektroobrazovaniya obshchego naznacheniya [Electric energy. Electromagnetic compatibility of technical equipment. quality limits in public electrical systems. GOST] 13109-97*

Устройство плавного пуска с фазовым принципом управления ШПТУ (ШПТУ-ВИ)



Преобразователь частоты ЭСН



Статический возбудитель для синхронного электродвигателя СПВД



И комплексные решения АСУ ТП для электроприводов на их основе

- автоматизации процесса плавного пуска одного и последовательного пуска нескольких синхронных и асинхронных высоковольтных электродвигателей механизмов с различными характеристиками нагрузки (насосы, компрессоры, вентиляторы, дробилки, мельницы, конвейеры);
 - информационных функций (наблюдения, контроля, сигнализации);
 - функций управления СПП и частотно-регулируемым электроприводом в целом;
 - релейной защиты и автоматики электрооборудования и подключенных к нему электродвигателей;
 - контроля состояния высоковольтных выключателей, электродвигателей и агрегатов;
 - мониторинга состояния системы (состояние элементов, силовой цепи и защит) и взаимодействие с ним (команды управления, параметры конфигурации и параметры пуска);
 - записи массива событий системы;
 - записи истории событий пусков:
 - штатные (по умолчанию 30 событий);
 - аварийные (по умолчанию 30 событий);
 - обмена информацией с АСУ верхнего уровня установленной на этой же технической платформе, или по каналам связи (OPC, SQL, ModBus Plus).
- Запись истории события включает:
- краткую характеристику пуска (дата и время пуска, длительность пуска, минимальные значения линейных напряжений

и максимальные значения пусковых токов, номера ЭД и секции шин, параметры пуска и т.п.);

- графики выбираемых для регистрации сигналов при пуске (линейных напряжений, пусковых токов, частоты вращения и другие сигналы системы управления);
 - аварийные исторические события включают информацию о причине неисправности.
- По требованию заказчика для совместимости аппаратных и программных протоколов в качестве управляющего контроллера может быть применен любой промышленный контроллер из мировых брендов ABB, Advantech, ICPDAS, Siemens, Idec, Facon, LG, Mitsubishi, Modicon, OMRON.

Для реализации комплексных поставок при управлении пуском и скоростью электропривода с синхронным двигателем на НПП «ЭКРА» разработан и освоен в производстве статический полупроводниковый возбудитель с интегрируемой в АСУ цифровой системой управления. Возбудитель в дополнение к функциям АСУ обеспечивает:

- Автоматическую подачу возбуждения при пуске двигателя в функции:
 - частоты и фазы ЭДС скольжения;
 - тока статора;
 - частоты, фазы ЭДС скольжения и тока статора.
- Форсирование возбуждения для уверенного втягивания двигателя в синхронизм.
- Удержания двигателя в синхронизме при изменениях момента

сопротивления на валу.

- Регулирование тока возбуждения по одному из следующих законов:
 - стабилизация тока возбуждения;
 - по напряжению статора;
 - поддержание заданного коэффициента мощности ($\cos \varphi$);
 - по напряжению статора и по углу φ .
 - Отключение двигателя в аварийных режимах.
 - Гашение поля ротора при нормальных и аварийных отключениях двигателя.
 - Переход в режим охлаждения ротора при перегрузе ротора по току.
 - Непрерывный контроль сопротивления изоляции ротора.
- Вся рассмотренная продукция сертифицирована и рекомендована к применению.

Итоги

Внедрены системы плавного пуска и частотно-регулируемого электропривода с синхронными и асинхронными двигателями в составе автоматизированных систем управления технологического оборудования ОАО АК «Транснефть».

Выводы

Применение частотно-регулируемого электропривода насоса обеспечивает экономию электроэнергии до 40%. Использование устройства плавного пуска электродвигателя снижает его пусковые токи и снимает ограничение на количество пусков.

Список использованной литературы

1. Электрическая энергия.

Совместимость технических средств электромагнитная.
Нормы качества электрической

энергии в системах электроснабжения общего назначения. ГОСТ 13109-97