

К.Н. НЕГОДИН, студент гр. 5Г2А (НИ ТПУ)
Научный руководитель Ю.Н. ДЕМЕНТЬЕВ, к.т.н., Ph.D., доцент (НИ ТПУ)
г. Томск

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД ПО СХЕМЕ АВК ШАХТНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Введение. В настоящее время на электропривод приходится большая часть потребляемой электроэнергии для бытовых и промышленных нужд. В связи с чем остро встаёт проблема энергоэффективности промышленных установок. Для каждого предприятия данная проблема имеет индивидуальный характер.

Очень важным аспектом работы горных предприятий является поддержание безопасных и комфортных условий труда, путем создания атмосферных условий, при которых температура и скорость перемещения воздуха соответствовала требованиям отраслевых правил безопасности. Проходя по горным выработкам, воздух меняет свой состав. Концентрация вредных примесей, таких как азот и его оксиды, угарный газ, метан, сернистый газ, и кроме того пыль, увеличивается. Поэтому, процесс проветривания горных выработок должен обеспечивать в рудничном воздухе необходимое количество кислорода, а также снизить концентрации вредных газов до соответствующих норм. Этот процесс осуществляется с помощью специальных вентиляторов от эффективности работы, которых зависит поддержание безопасных и комфортных условий труда, работающих там людей. Устройство вентиляторной установки, прежде всего, зависит от её назначения, расположения, типа применяемых вентиляторов и требований правил безопасности.

Например, в состав вентиляторной установки главного проветривания входят: два вентиляторных агрегата, состоящих из вентиляторов с электродвигателями и аппаратуры управления, автоматизации и контроля; вспомогательное оборудование для переключения и реверсирования воздушного потока, система вентиляционных каналов, глушителей шума.

В докладе представлена схема асинхронного вентиляционного каскада (АВК) [1 – 4] для шахтного вентилятора, позволяющая обеспечить надежную и энергоэффективную работу вентиляторной установки и необходимую производительность.

Основным достоинством асинхронного вентиляционного каскада (АВК) по сравнению с вариантом ПЧ-АД являются меньшая установленная мощность преобразователя, соответствующая глубине регулирования скорости, и простота управления. Как положительное качество можно отметить возможность при аварии в преобразователе перейти в нерегулируемый режим

(закоротив ротор) или в режим с пониженной частотой вращения при введении в цепь ротора резистора.

АВК, силовая схема которого представлена на рис. 1, состоит из следующих основных элементов: асинхронного двигателя с фазным ротором АД; вентильного преобразователя В, служащего для выпрямления тока ротора и источника добавочной ЭДС, в качестве которого использован вентильный преобразователь - инвертор И для инвертирования выпрямленного тока ротора. Трансформатор силовой Тр служит для согласования напряжения ротора двигателя с напряжением сети. Также в цепь выпрямленного тока включен сглаживающий дроссель L_d , который необходим для сглаживания пульсаций тока и напряжения промежуточной цепи постоянного тока. Для регулирования величины инвертирования тока ротора предназначена система управления вентилями инвертора СИФУ.

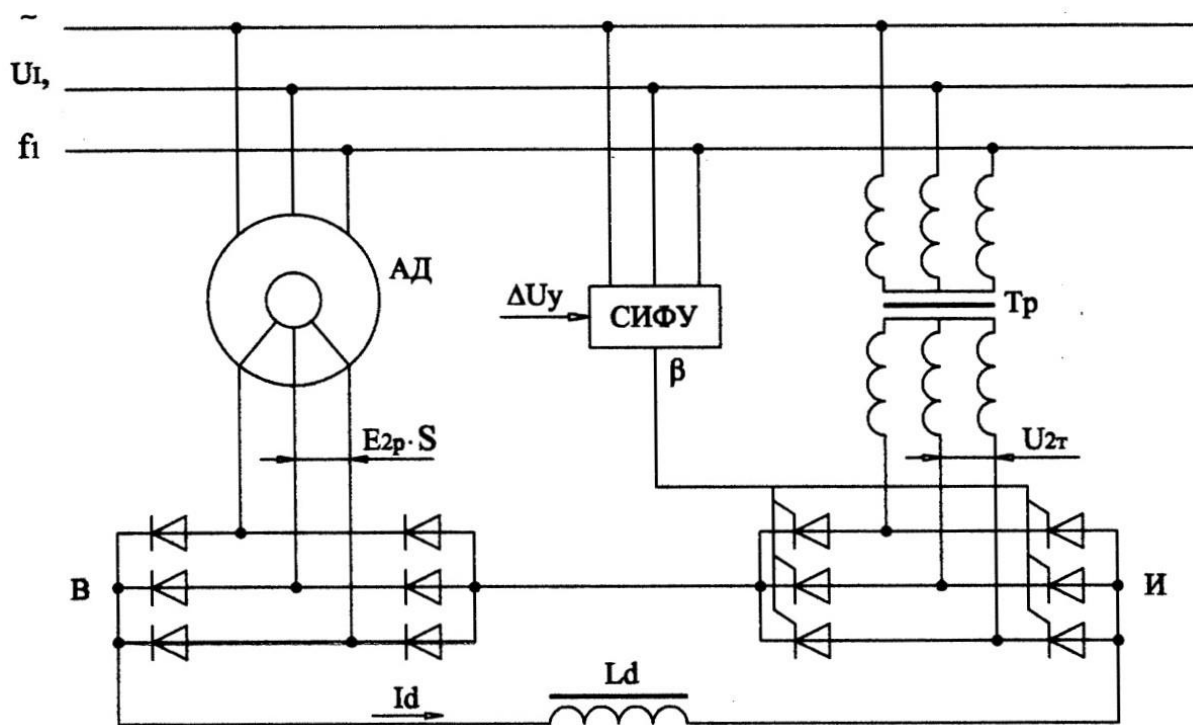


Рис. 1. Силовая схема асинхронного вентильного каскада

В представленной схеме вентильного каскада с промежуточной цепью постоянного тока [5] функции преобразования тока и энергии ротора четко разграничены между двумя группами вентилей: вентили **В** работают в выпрямительном режиме, преобразуя переменный ток ротора, имеющий частоту скольжения, в постоянный; вентили **И** работают в режиме зависимого инвертора, преобразуя выпрямленный ток ротора в переменный ток с частотой сети.

Одними из важных критериев энергетической эффективности электрических приводов промышленных установок является уровень потерь

электроэнергии, что влияет на энергетические показатели системы. Определяя коэффициент полезного действия (КПД) и коэффициент мощности ($\cos\varphi$) системы АВК шахтного вентилятора можно найти способы оптимизации не только потерь в электроприводе, влияющих на энергоэффективность электропривода, но и возможные схемные решения, позволяющие улучшить как КПД, так коэффициент мощности ($\cos\varphi$) системы АВК.

Полезное использование энергии скольжения АД в системе АВК определяет сохранение достаточно высокого коэффициента полезного действия (КПД) привода при изменении скорости вращения, определить который можно методом определения потерь. Сущность метода состоит в определении потерь в элементах привода и подсчете полных потерь ΔP во всей системе. Для двигательного режима работы КПД АВК можно определить по следующему выражению

$$\eta_{АВК} = \frac{P_{пол}}{P_{затр}} = \frac{P_{пол}}{P_{пол} + \Delta P} .$$

Типичная зависимость КПД АВК от скорости при постоянном моменте нагрузки показана на рис. 2.

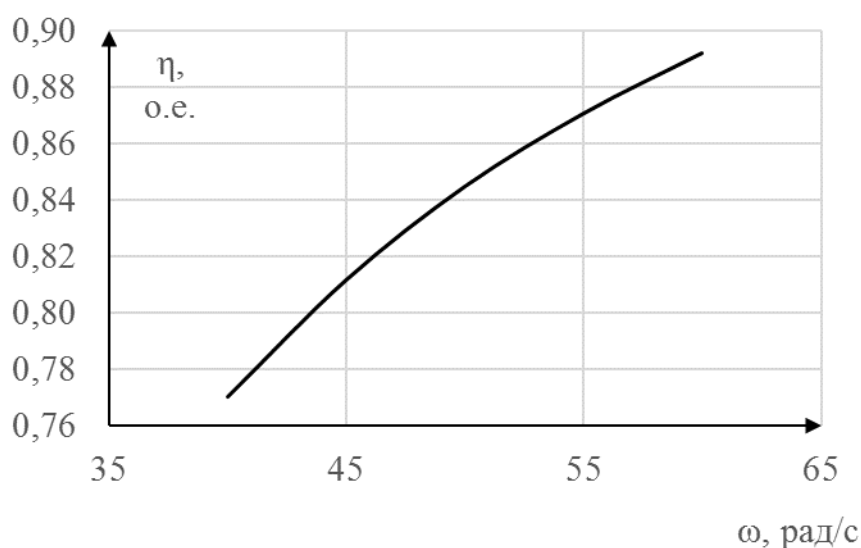


Рис. 2. Зависимость КПД АВК от относительной скорости $\eta_k=f(\omega)$

Как следует из рис. 2, в системе АВК при незначительном изменении скорости вращения сохраняется достаточно высокий коэффициент полезного действия (КПД), который возможно оптимизировать использованием режима минимальных потерь, т.е. режим при котором в обмотках АД поддерживается такое распределение токов, чтобы при заданном значении момента потери в меди были минимальными.

Из [4] следует, что схема вентиляльного каскада имеет низкий коэффициент мощности ($\cos\varphi$). Его снижение происходит по двум причинам. Первой из них является увеличение потребления (циркуляции) реактивной мощности. Это вызвано тем, что реактивная мощность потребляется не только АД, но и инвертором, в то время как активные составляющие мощности двигателя и инвертора вычитаются. Вторая причина связана с появлением в рассматриваемой системе мощности искажения, обусловленной наличием высших гармоник в кривых тока двигателя и трансформатора. Используя схему АВК, приведенную на рис.1 возможно в случае необходимости применить компенсирующие устройства, например статические конденсаторы, чтобы привести коэффициент мощности электропривода шахтного вентилятора до нормативных значений. На рис.3 представлены зависимости коэффициент мощности ($\cos\varphi$) от относительной скорости при вентиляторной нагрузке при использовании АВК с АД мощностью 160 кВт и номинальной скоростью ω . Здесь же представлена зависимость коэффициента мощности ($\cos\varphi$) АВК от относительной скорости при наличии компенсирующих конденсаторов.

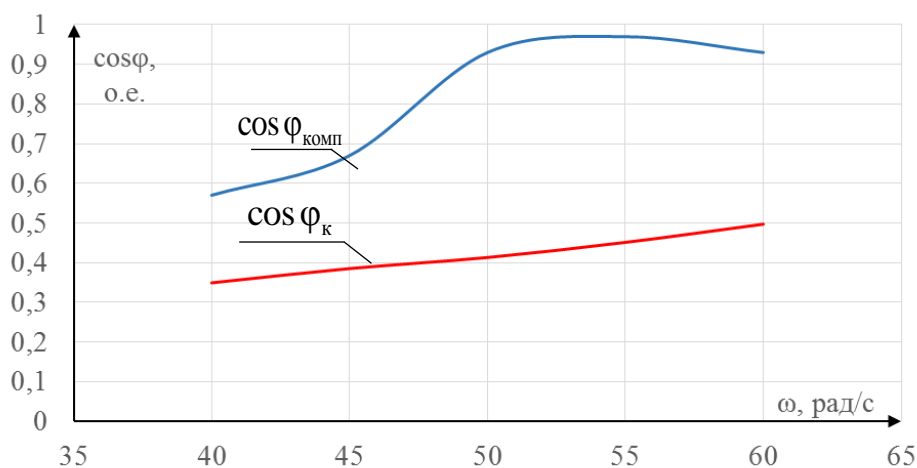


Рис. 3. Зависимости коэффициента мощности АВК от скорости

Как видно из рис. 3, использование компенсирующих устройств в системе АВК позволяет получить режим работы, соответствующий полной компенсации реактивной мощности.

Выводы:

1. Электропривод центробежных механизмов является основной областью, где системам частотного регулирования асинхронных двигателей (ПЧ-АД) имеется альтернатива – асинхронно-вентильные каскады;
2. Приведенный выше анализ показывает, что эффективность от применения АВК для шахтных вентиляторов достигается не только при простой

установке АВК с регулированием скорости, но при помощи правильно выбранной силовой схемы и настроенной системы управления.

Список литературы:

1. Дементьев, Ю.Н. Устройство управления и обеспечения живучести двигателя двойного питания. Патент на изобретение / Ю.Н. Дементьев, Г.И. Однокопылов, И.Г. Однокопылов. – RUS 2525294. – 07.02.2013.

2. Дементьев, Ю.Н. Регулируемый электропривод переменного тока по схеме надсинхронного вентильного каскада / Ю.Н. Дементьев. – Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321. – № 4. – С. 116–121.

3. Бекишев, Р.Ф. Электропривод: учебное пособие / Р.Ф. Бекишев, Ю.Н. Дементьев. – М., 2016. – Сер. 11 Университеты России.

4. Онищенко, Г.Б. Вентильные каскады и двигатели двойного питания / Г.Б. Онищенко, И.Л. Локтева. – М.: Энергия, 1979. – 174 с.

5. Schmidt, I. Szabalyozott szinkron feletti kaszkad hajtás / I. Schmidt, J.N. Dementyev, F. Hajevszki // Elektrotechnika. – 1985. – № 9–10. – С. 394–400.