© В.В.Соболев, 2007

УДК 658.26

В.В.Соболев

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ГЛАВНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ ГОРНОДОБЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Семинар № 21

Проблемы рациональной организации энергосбережения в системах электроснабжения угольных шахт до недавнего времени решалась лишь с помощью оптимизации графика суточного потребления электроэнергии в часы максимума и минимума электрических нагрузок. Такой подход не дает ощутимого экономического эффекта, так как основная часть потребления электроэнергии приходится на электропривод стационарных установок, от работы которых зависит безопасность проведения работ в шахтах. Благодаря успехам силовой и информационной электроники сегодня на рынке стали доступными различного рода преобразователи частоты, регуляторы напряжения, микропроцессорные средства автоматизации и контроля электрических и неэлектрических величин, с помощью которых возможно построение эффективных систем управления мощными регулируемыми электроприводами переменного тока.

Наибольший эффект от применения частотно-регулируемого электропривода достигается в турбомашинах каковыми являются все установки главного проветривания угольных шахт и установки главного водоотлива. Особенностью этих машин является то, что их момент сопротивления находится в квадратичной зависимости от скорости рабочего колеса, а их производительность пропорциональна кубу скорости вращения.

В настоящее время большинство электроприводов установок главного проветривания шахт имеют нерегулируемый электропривод. Для регулирования производительности используют осевой направляющий аппарат. Этот способ не обеспечивает оптимальное регулирование подачи ВГП с точки зрения энергосбережения. На момент ввода в работу ВГП мощность двигателя выбирают на 10-15% больше максимально требуемой. Это позволяет учесть неточности расчета, отклонения фактического режима и прочих факторов. За срок службы шахты производительность ВГП изменяется от 1,5 до 4 раз по сравнению с первоначальной [1].

При отработке шахтного поля, переходе на новые участки или горизонты изменяется характеристика шахтной вентиляционной сети. Это связано с изменением длины и сечений выработок. Поэтому при изменении расхода воздуха необходимо менять также и напор вентилятора. Чтобы обеспечить поддержание нормального режима проветривания при изменении сопротивления вентиляционной сети, диапазон изменения напора должен составлять от 1:2 до 1:6.

На сегодняшний день в некоторых шахтах ОАО «Воркутауголь» ВГП работают с максимальной производительностью, а расход электроэнергии на проветривание достигает 47% от общего

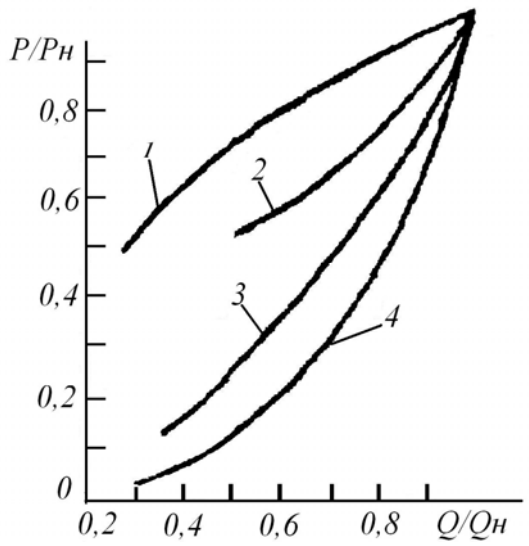

Рис. 1. Экономичность регулирования шахтных вентиляторов

энергопотребления. В связи с реконструкцией шахт ОАО «Воркутауголь» и их объединением в одну с единой транспортной и вентиляционной системой необходимость применения регулируемых электроприводов на существующих и вновь вводимых установках главного проветривания становится очевидной.

На рис. 1 приведена зависимость изменения мощности, потребляемой приводом вентилятора, от производительности при регулировании дросселированием (на ВГП не применяется) – кривая 1, и поворотом лопаток направляющего аппарата – кривая 2, при реостатном регулировании асинхронного двигателя с фазным ротором – кривая 3 и при использовании регулируемого привода по схеме машинно-вентильного каскада – кривая 4.

Из рисунка видно, что значительно более экономичным является регулирование вентиляторов путем изменения скорости вращения рабочего колеса, т.е. применение регулируемого электропривода.

Мощность двигателя вентилятора (кВт)

$$P = \frac{Q_B h_B}{1000 \eta_B \eta_Д \eta_П}$$

где Q_B – производительность вентилятора, $м^3/с$; $h_в$ – депрессия вентилятора, Па; η_B – КПД вентилятора; $\eta_Д$ – КПД двигателя; $\eta_П$ – КПД передачи от двигателя к вентилятору [2].

Мощность, потребляемую из сети асинхронным двигателем ВГП при некоторых допущениях можно определить как:

$$P_1^* = \frac{1 + aS_{ном}}{1 - S_{ном}} Q^*,$$

а при частотном регулировании:

$$P_1^* = (Q^*)^3 + \frac{(1 + a)S_{ном}}{1 - S_{ном}} (Q^*)^2,$$

где P_1^* – мощность в относительных единицах; $a = R_1 / R_2^{'}$ - отношение сопротивления статора к приведенному сопротивлению ротора; $S_{ном}$ – номинальное скольжение АД; Q^* – производительность вентилятора в относительных единицах [3].

Турбомашины не требуют большой глубины регулирования и для реализации микропроцессорная система управления частотного электропривода реализуют простой алгоритм изменения напряжения от частоты:

$$U/f^2 = const$$

Применение регулируемого привода позволяет заметно снизить потребление энергии при регулировании вентиляторных установок. Так, для центробежного вентилятора ВЦД-32 применение регу-

лируемого электропривода с машиной двойного питания позволяет снизить годовой расход электроэнергии на 3,6 млн. кВт·ч, т.е. почти в два раза по сравнению с нерегулируемым синхронным приводом и регулированием производительности вентилятора за счет поворота лопаток направляющего аппарата [4]. Кроме того, КПД вентиляторов при регулируемом электроприводе выше приблизительно на 12 % , чем при нерегулируемом [5]. При частотном управлении пуск ВГП лучше производить при закрытом направляющем аппарате, что позволяет снизить максимальный момент при пуске до 0,4 от номинального, после чего осевой направляющий аппарат полностью открывают, для минимизации аэродинамического сопротивления на всасе вентилятора.

Кроме того, регулируемый электропривод существенно расширяет области промышленного использования ВГП. Опыт эксплуатации подтверждают эффективность применения на рудниках и угольных шахтах установок с регулируемым электроприводом, построенные по каскадным схемам ВЦД-32М и ВЦД-47 «Север».

Большая часть эксплуатируемых ВГП имеют синхронный привод, достоинством которого является возможность генерации реактивной мощности путем воздействия на обмотку возбуждения синхронного двигателя (СД). Но затрудненный пуск СД с большими моментами инерции не позволяют применять их в электроприводе мощных ВГП. В случае применения частотного пуска СД значительно снижаются пусковые токи. Это позволяет уменьшить сечение проводов подводящих ЛЭП, а так же запускать установки со значительными моментами инерции не опасаясь выхода из строя двигателя. Ряд отечественных предприятий («Электросила», ЭЛЕКТРОТЕКС, ЧЗЭТИ) выпускает высоковольтные преобразователи частоты (ПЧ) для работы в составе с СД.

Последние ПЧ известных мировых производителей Siemens, Omron, Hitachi позволяют не только плавно регулировать частоту вращения машин переменного тока, но и поддерживать cosφ близким к единице во всем диапазоне регулирования частоты при помощи «активного» управляемого выпрямителя в составе ПЧ. Применение таких преобразователей позволяет еще больше расширить сферу энергосберегающего регулируемого электропривода и активно влиять на качество электроэнергии. Электропривод ВГП работает в одном квадранте механической характеристики, что упрощает управление системой ПЧ-двигатель, и уменьшает стоимость реализации частотного регулирования электродвигателя. Системы уп-равления ПЧ позволяют ограничивать ускорения при пуске мощных вентиляторов с большими моментами инерции, во избежание появления опасных динамических напряжений в лопатках рабочего колеса, а большинство ПЧ в стандартной комплектации имеют еще и встроенную систему динамического торможения двигателя, необходимую для более быстрого останова вентилятора.

В большинстве своем, автоматизация вентиляторных установок сводится к применению дистанционного управления и контроля вентиляторами и устройствам реверсирования вентиляционной струи. Появление многофункциональных цифровых систем телемеханики типа «Микон» позволяют осуществить комплексную автоматизацию системы проветривания горного предприятия. Это обеспечивает автоматическое распределением воздуха

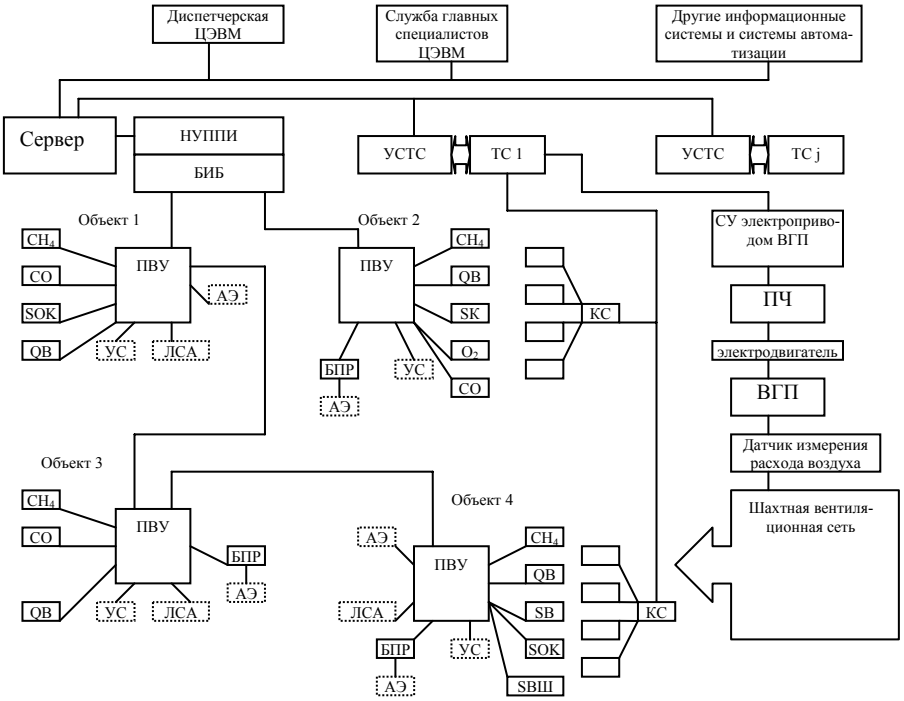

Рис. 2. Структурная схема системы автоматического управления вентиляцией шахты на основе системы «Микон 1Р» и регулируемого электропривода ВГП: ЦЭВМ – PC-совместимый компьютер; ПВУ – подземное вычислительное устройство, входящее в состав системы «Микон»; УСТС – устройство сопряжения с телеметрической системой; ТС – телеметрическая система; НУППИ – наземное устройство приема и передачи информации; БПР – блок промежуточного реле; КС – концентратор сигналов телеметрической системы; ЛСА – локальная система автоматического управления; АЭ – аппарат электроснабжения; CH4 – датчик метана; O2 – датчик кислорода; QB – датчик скорости движения воздуха; SOK – датчик состояния очистного комбайна; SK – датчик состояния конвейера; SBШ – датчик состояния дверей вентиляционного шлюза; УС – устройство сигнализации

по всем выработкам и забоям в функции лимитирующего параметра: содержание метана, газов при взрывных работах, пыли, количества людей в подземных выработках. Становится возможным построение системы как автоматизации ВГП, так и автоматизированного управления устройствами, распределяющими воздух по подземный выработкам (двери, ляды и т.д.). Основными достоинствами системы «Микон» являются: универсальность применения; информационная и аппаратная открытость и совместимость, что позволяет сопрягать ее с микроконтроллерами систем управления регулируемых электроприводов ВГП посредством стандартных протоколов TCP/IP и шинных терминалов RS232 или RS485. Предоставляется возможность создания локальных автономных информационно-управ-ляющих систем, широко используется компьютерные средства обработки информации. Информационное обес-печение «Микон» определяется количеством и типами источников и приемников информации, алгоритмами обработки, способами представления и обработки информа-

ции. Возможная структура технического обеспечения системы автоматического уп-равления вентиляцией шахты (САУ ВШ) на основе аппаратуры «Микон 1Р» и регулируемого электропривода ВГП представлена на рис. 2.

Система автоматического управления вентиляцией шахты должна автоматически поддерживать регламентируемые скорость движения воздуха в выработках и концентрацию метана в исходящей струе путем изменения производительности ВГП и воздействия на внутришахтные воздухораспределительных устройства [6].

Наиболее эффективно изменение производительности на рудниках, где разрешено посменное изменение производительности ВГП. На рудниках может возникнуть необходимость резкого увеличения производительности ВГП для форсированного проветривания после массовых взрывов, или возможность снижения производительности в нерабочие дни и ремонтные смены.

Внедрению же САУ ВШ на угольных шахтах препятствуют Правила безопасности, в §219 которых указано «запрещается посменное регу-лирование воздушных струй». Тем не менее, использование частотно-регу-лируемого электропривода ВГП на подземных горнодобывающих предприятиях является экономически оправданным мероприятием. Оно позволяет значительно снизить расход электроэнергии установками главного проветривания, облегчить пуск двигателей ВГП и снизить пусковые токи, а в случае применения ПЧ с «активными» выпрямителями положительно влиять на качество электроэнергии. Кроме того, регулируемый электропривод увеличивает статический КПД и область промышленного использования ВГП, и, тем самым, дополнительно снижает потребление электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шахтные* вентиляторные установки главного проветривания. Справочник / Г.А. Бабак, К.П. Базаров, А.Т. Волохов и др. – М.: Недра, 1982.
2. *Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведев И.И.* Аэрология горных предприятий. – М.: Недра, 1987.
3. *Энергосберегающий* асинхронный электропривод: Учебное пособие для студентов вузов/ под ред. Браславского. – М.: «Академия», 2004.
4. *Автоматизация* шахтных вентиляторных установок / Б.Х. Богопольский, М.А. Левин, К.П. Богоров и др. – М.: Недра, 1976.
5. *Онищенко Г.Б., Юньков М.Г.* Электропривод турбомеханизмов. – М.: Энергия, 1972.
6. *Пучков Л.А., Бахвалов Л.А.* Методы и алгоритмы автоматического управления проветриванием угольных шахт. – М.: Недра, 1992.

ГИАБ

Коротко об авторах

Соболев В.В. – горный инженер, Шахтинский институт (филиал) ЮРГТУ (НПИ).