

УДК 681.5:6283

И. И. Эпштейн, д-р техн. наук

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА ЭЛЕКТРОПРИВОДА ДЛЯ МОЩНЫХ МЕХАНИЗМОВ С ВЕНТИЛЯТОРНОЙ МОМЕНТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКОЙ

Аннотация. Регулируемые электроприводы мощных механизмов с вентиляторной механической характеристикой обеспечивают существенную экономию электроэнергии. На примере вентиляторов главного проветривания шахт рассматриваются различные варианты регулируемых электроприводов переменного тока. Приведены примеры успешного внедрения и эксплуатации электроприводов Корпорации «ХЭЗ-Элетекс-С».

И. I. Epshstein, д-р техн. наук

ВИБІР ОПТИМАЛЬНОГО ВАРІАНТУ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ ПОТУЖНИХ МЕХАНІЗМІВ З ВЕНТИЛЯТОРНОЇ МОМЕНТНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКОЮ

Анотація. Регульовані електроприводи потужних механізмів з механічною характеристикою вентилятора забезпечують істотну економію електроенергії. На прикладі вентиляторів головного провітрювання шахт розглядаються різні варіанти регульованих електроприводів змінного струму. Наведені приклади успішного впровадження і експлуатації електроприводів Корпорації «ХЕЗ-Елетекс-С».

I. I. Jepshtejn, PhD

CHOICE OF OPTIMAL ACTUATOR FOR POWERFUL MACHINES WITH FAN TORQUE CHARACTERISTIC

Abstract. The electric drives of powerful mechanisms with ventilator mechanical characteristics provide the substantial economy of electric power. In the article on the example of ventilators of main ventilation of mines the different variants of the electric drives of alternating current are examined. The examples of successful introduction and exploitation of electric drives of Corporation «KHEZ-ELETEX-S» are resulted.

1. Постановка задачи. Рассматривается массовый тип механизмов мощностью свыше 1000 кВт, в частности центробежные вентиляторы главного проветривания шахт и насосы для перекачки воды и жидких нефтепродуктов. Для рассматриваемого типа механизмов применение регулируемого электропривода фактор существенной экономии электроэнергии. Повышение общей энергетической эффективности определяется также принятым типом электропривода.

2. Особенности механизмов с вентиляторной моментной характеристикой. Понятие управление вентилятором подразумевает изменение аэродинамической характеристики вентилятора: $H_a = f(Q_a)$, где H_a – давление (депрессия), Q_a – расход (производительность), таким образом, чтобы она проходила через заданную рабочую точку вентиляционной сети H_c, Q_c . Это достигается либо изменением угла поворота лопаток направляющего аппарата (данный способ приводит к увеличению потерь в вентиляторе), либо изменением числа оборотов вентилятора за счет электропривода (самый экономичный способ). Расчет рабочего режима при изменении числа оборотов выполняется согласно приведенным ниже соотношениям. Перестраиваем аэродинамическую характеристику вентилятора $H_a = f(Q_a)$ в $H_a/Q_a^2 = f_1(Q_a)$ и находим значение Q_a (обозначаем его Q_y , при котором функция $f_1(Q_y)$ равна H_c/Q_c^2 .

При этом КПД вентилятора, соответствующий рабочей точке сети (H_c, Q_c), будет равен КПД для

H_y, Q_y , а число оборотов n , мощность P_v и момент M_v

соответственно: $n = n_i \cdot Q/Q_y, P_a = D_y (n/n_i)^3$,

$P_y = I_y Q_y / \eta_y, I_y = I_y (n/n_i)^2$.

Требуемая производительность Q_c вентиляторной сети шахты с учетом специальных эксплуатационных режимов (реверс струи) меняется за время эксплуатации не более, чем в 2 раза. Это означает, что рабочий режим работы вентилятора меняется по скорости в 2 раза, по моменту в 4 раза. Однако с учетом необходимости пуска вентилятора общий диапазон регулирования скорости двигателя равен $0 \div n_n$ (об/мин).

Максимальный статический момент на валу вентилятора соответствует максимальной (номинальной) скорости вентилятора и равен M_o , а мощность при этом равна P_o .

Отмечаем еще одну особенность рассматриваемых механизмов:

– для них не требуется, как обязательное условие, тормозной режим, снижение скорости за счет статического сопротивления на валу вентилятора удовлетворяет требованиям технологии,

– центробежные вентиляторы большой мощности обладают большим маховым моментом, и прямой пуск двигателей переменного тока с нулевой скорости невозможен. Исключение составляют двигатели с фазным ротором и резисторной схемой управления.

3. Варианты электропривода с синхронным двигателем и их характеристика.

При выборе для сопоставления вариантов регулируемого электропривода следует учитывать, что подавляющее число объектов для внедрения регулируе-

мых электроприводов вентиляторов главного проветривания шахт – это модернизация действующих вентиляторов с максимальным использованием установленного оборудования.

Все вентиляторы главного проветривания оснащены в качестве приводных двумя типами двигателей: синхронные двигатели или асинхронные двигатели с фазным ротором. Преобразователь частоты при использовании синхронного двигателя подключается к зажимам статора, при использовании двигателя с фазным ротором – в роторную цепь.

Для синхронного двигателя напряжением 6, 10кВ возможны 2 типа преобразователей частоты:

– преобразователь частоты на основе тиристорного автономного инвертора тока. Для данного типа электропривода используется определение «вентильный двигатель» (рис.1);

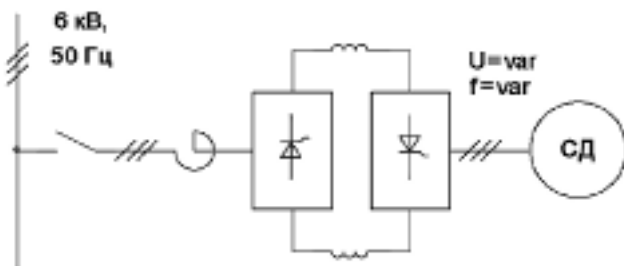


Рис.1. Схема привода автономный инвертор тока - высоковольтный синхронный двигатель

– транзисторные (IGBT) преобразователи частоты трехуровневые или многоуровневые. По мнению Корпорации «ХЭЗ-Элетекс-С», последние менее сложные, потенциально более надежные и более качественные по форме входного тока и выходного напряжения;

– многоуровневый преобразователь частоты состоит из специального многообмоточного трансформатора, от которого питаются диодные выпрямители преобразовательного модуля (ПМ) (рис.2), а преобразовательные модули собраны по схеме, показанной на рис.3.

4. Варианты электропривода с асинхронным двигателем и их характеристика

Для целей энергосбережения возможны два варианта электропривода:

– закорачивание ротора и включение многоуровневого преобразователя частоты в цепь статора аналогично варианту с синхронным двигателем (рис. 2,3);

– включение в роторную цепь преобразователя частоты по схеме асинхронного тиристорного каскада (АТК), представленную на рис.4.

Особенностью варианта АТК является номинальная мощность преобразователя частоты, которая не менее, чем в два раза, меньше номинальной мощности многоуровневого преобразователя.

Для качественного пояснения данного обстоятельства зафиксируем следующее очевидное положение.

В звене постоянного тока преобразователя (рис.4) суммарное напряжение равно нулю. Это означает, что напряжение на зажимах постоянного тока

роторного преобразователя равно напряжению на зажимах постоянного тока сетевого преобразователя:

$$U_{2\dot{a}\dot{a}} \cdot s \cos \varphi_p + U_{2\dot{o}\dot{o}} \cos \varphi_{\dot{n}} = 0.$$

Здесь φ_p , φ_c – углы сдвига тока роторного и сетевого преобразователей, $U_{2\dot{a}\dot{a}}$, $U_{2\dot{o}\dot{o}}$ – см. рис. 4, s – скольжение.

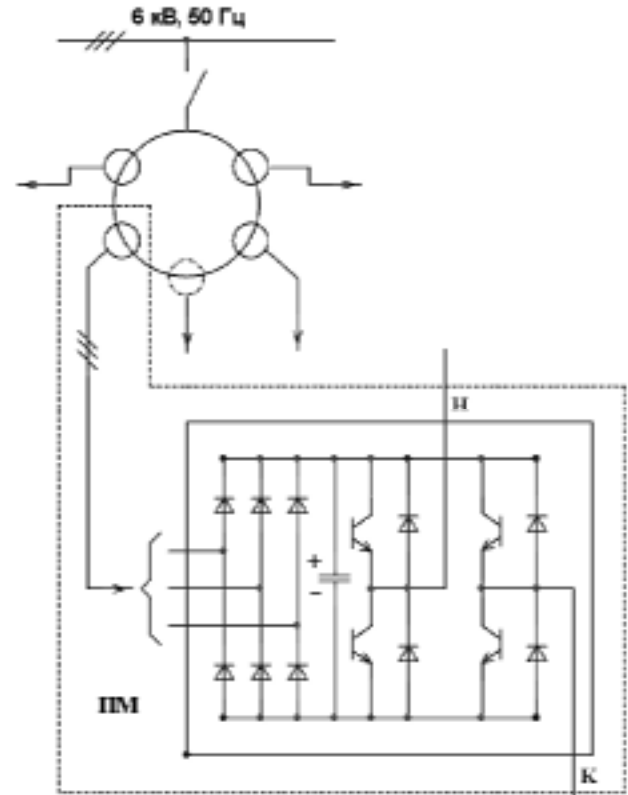


Рис.2. Преобразовательный модуль

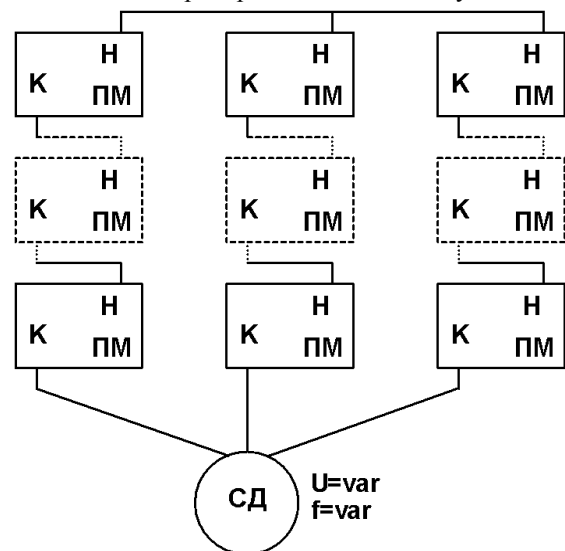


Рис.3. Подключение преобразовательных модулей в схеме многоуровневого преобразователя частоты

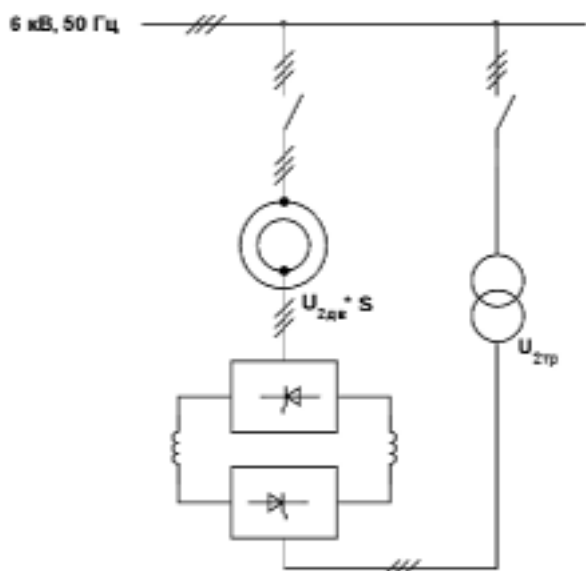


Рис.4. Схема привода АТК с машиной двойного питания

Различают две области управления режимами АТК в функции s :

$s < s_{\max}$ (s_{\max} – максимальное значение скольжения в рабочем диапазоне скоростей вентилятора). Угол управления роторного преобразователя нулевой, $\cos \varphi_p \approx 0,9$, а управление осуществляется за счет изменения угла управления сетевого преобразователя, $\cos \varphi_c$ меняется от $-0,9$ до 0 ;

$s > s_{\max}$. Угол управления сетевого преобразователя постоянный и равен предельному значению для инверторного режима, $\cos \varphi_c \approx -0,9$, а управление осуществляется за счет изменения угла управления роторного преобразователя, $\cos \varphi_p$ меняется по закону $\cos \varphi_p = 0,9 \cdot S_{\max} / S$.

Ток ротора двигателя и соответственно ток сетевого преобразователя

$$I_2 = I_{2i} \frac{\dot{I}_{\dot{a}} \cos \varphi_{2i}}{\dot{I}_{i_{aa}} \cos \varphi_p},$$

где $\dot{I}_{i_{aa}}, I_{2i}, \cos \varphi_{2i}$ – номинальные значения момента двигателя, тока ротора и коэффициента мощности роторной цепи при замкнутых кольцах.

Итак, для

$$s < s_{\max} \quad - \quad I_2 = I_{2i} \frac{\dot{I}_{\dot{y}} (1-s)^2}{\dot{I}_{i_{aa}} 0,9},$$

$$s > s_{\max} \quad - \quad I_2 = I_{2i} \frac{\dot{I}_{\dot{y}} (1-s)^2}{\dot{I}_{i_{aa}} 0,9} \frac{s}{s_{\max}}$$

По условиям нагрева самовентилируемого двигателя должно выполняться условие $I_2 < I_{2i} (n/n_i)^2$, которое реализуется если $\dot{I}_{\dot{y}} \leq 0,9 \dot{I}_{i_{aa}}$.

Установленная мощность АТК равна $s_{ATK} = \sqrt{3} U_{2\dot{\omega}} \cdot I_2$ или $s_{ATK} = E_{\dot{y}} \cdot s_{\max} / 0,9$.

Поскольку $s_{\max} \leq 0,5$, эффект применения АТК очевиден.

Электроприводы по схеме вентильного двигателя для управления вентиляторами внедрены на шахтах «Западно-Донбасская» и «Благодатная» объединения «Павлоградуголь», для управления дымососами на металлургических предприятиях в г. Мариуполь и г. Днепродзержинск, цементных заводах и насосах горно-обогатительных комбинатов в СНГ и Монголии.

Электроприводы по схеме АТК внедрены на шахте «Западно-Донбасская» и «им. Героев Космоса» объединения ОАО «Павлоградуголь» (Украина) и на комбинате «КМА-Руда» (Россия). Они показали наряду с высокой экономической эффективностью надежность в работе и простоту в обслуживании.

Список использованной литературы

Автоматизация шахтных вентиляторных установок / Б.Х. Богопольский, М.А. Левин, К.П. Бочаров, М.В. Бакшт. – Изд-во «Недра», 1976. – 115 с.

Получено 13.07.2011



Эпштейн
 Исаак Израилевич,
 д.т.н., директор Корпорации
 "ХЭЗ-Элетекс-С",
 61004, г. Харьков,
 ул. Примакова, 46,
 тел/факс 057-752-10-11,
 057-752-10-13,
 057-752-12-22,
 E-mail: epshtein_i_i@mail.ru