

**References:**

1. Gonzalez, R. C., Woods, R. E., & Eddins, S. L. (2008). Digital image processing using MATLAB. Pearson Education India
2. H. R. Sheikh, Z. Wang, L. Cormack and A. C. Bovik, «LIVE Image Quality Assessment Database Release 2», <http://live.ece.utexas.edu/research/quality>.
3. Hantao Liu 1 and Ingrid Heynderickx. A no-reference perceptual blockiness metric // 12 May

2008 Acoustics, Speech and Signal Processing, 2008. ICASSP 2008. IEEE International Conference on P. 866–867.

4. Al-Askari M. A., Fedosin S. A., Afonin V. V. Analysis of raster image quality // Scientific and technical Bulletin of the Volga region. №1, 2018 – Kazan: scientific and technical Bulletin of the Volga region, 2018. P. 107–109.

---

**A METHOD FOR CONTROLLING THE ABNORMAL MODES OF THE SYNCHRONOUS DRIVE MOTOR OF THE ORE-GRINDING MILL  
СПОСОБ КОНТРОЛЯ АНОРМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ СИНХРОННОГО ПРИВОДНОГО ДВИГАТЕЛЯ РУДОРАЗМОЛЬНОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

---

*Baghdasaryan M.K.*

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
National Polytechnic University of Armeni*

*Mnoyan T.N. Post-graduate student,  
National Polytechnic University of Armeni*

*Sargsyan S.V. Post-graduate student  
National Polytechnic University of Armeni*

*Багдасарян Маринка Каджиковна*

*доктор технических наук, профессор кафедры Электрических машин и аппаратов,  
Национальный Политехнический Университет Армении,*

*Мноян Тигран Норикович*

*Аспирант кафедры Электрических машин и аппаратов,  
Национальный Политехнический Университет Армении,*

*Саргсян Саргис Валериевич*

*Аспирант кафедры Электрических машин и аппаратов,  
Национальный Политехнический Университет Армении*

**Summary:** The necessity of developing a method for comprehensive control of the operating modes of the ore-grinding mill drive motor is substantiated. The difficulties and the main features of controlling the operating modes of the synchronous drive motor of the ore-grinding mill are highlighted. An algorithm and a structure of the system for controlling the abnormal modes of the synchronous drive motor of the ore-grinding mill aimed at preventing premature failure of the motor under different technological conditions are proposed. The proposed algorithm can be used to develop a system of detection and prevention of emergency regimes.

**Keywords:** abnormal mode, drive motor, algorithm, emergency prevention.

**Аннотация:** Обоснована необходимость разработки способа всестороннего контроля рабочих режимов приводного двигателя рудоразмольной мельницы. Отмечены трудности и основные особенности контроля рабочих режимов приводного синхронного двигателя рудоразмольной мельницы. Предложены алгоритм и структура системы для контроля аномальных режимов синхронного приводного двигателя рудоразмольной мельницы, направленные для предотвращения преждевременного выхода из строя двигателя при разных технологических условиях. Предлагаемый алгоритм можно использовать для разработки системы обнаружения и предотвращения аварийных режимов.

**Ключевые слова:** аномальный режим, приводной двигатель, алгоритм, предотвращение аварий.

**Введение.** Всесторонний анализ методов мониторинга и диагностики показывает, что ни один из практических способов не дает возможность абсолютно достоверно выявить и предотвратить аномальные состояния приводного синхронного двигателя рудоразмольной мельницы [1-5].

Учитывая, что производства, использующие процесс измельчения руды, выделяются значительной энергоемкостью, что, в основном, обусловлено применением мощных синхронных двигателей а также имея в виду, что данный процесс является основополагающим в деле повышения эффективности производства металлических концентратов, особое значение имеют своевременное выявление и

контроль аномальных режимов используемых синхронных двигателей.

Допустимый интервал безаварийной работы приводного синхронного двигателя во многом определяется всесторонним контролем рабочих режимов. Основные трудности контроля рабочих режимов приводного синхронного двигателя рудоразмольной мельницы заключаются в следующем [6]:

- рабочие режимы электродвигателей, используемые в процессе измельчения руды, обусловлены различными технологическими и энергетическими показателями,

- рабочие режимы могут изменяться в зависимости от условий эксплуатации и состояния мельницы [7], а также с учетом развития и саморазвития возникающих дефектов.

Учитывая вышесказанное, вопросы контроля рабочих режимов приводного синхронного двигателя рудоразмельной мельницы необходимо рассматривать в комплексном виде с учетом технологических и электромеханических показателей.

Целью настоящей работы является разработка алгоритма и структуры систем контроля рабочих состояний синхронного приводного двигателя рудоразмельной мельницы, направленных на предотвращение преждевременного выхода из строя двигателя.

**Алгоритм контроля рабочих состояний синхронного приводного двигателя.** Структурная схема контроля приводного двигателя состоит из блоков сбора и обработки информации, базы данных и блока предупреждения о ситуации (рис.).

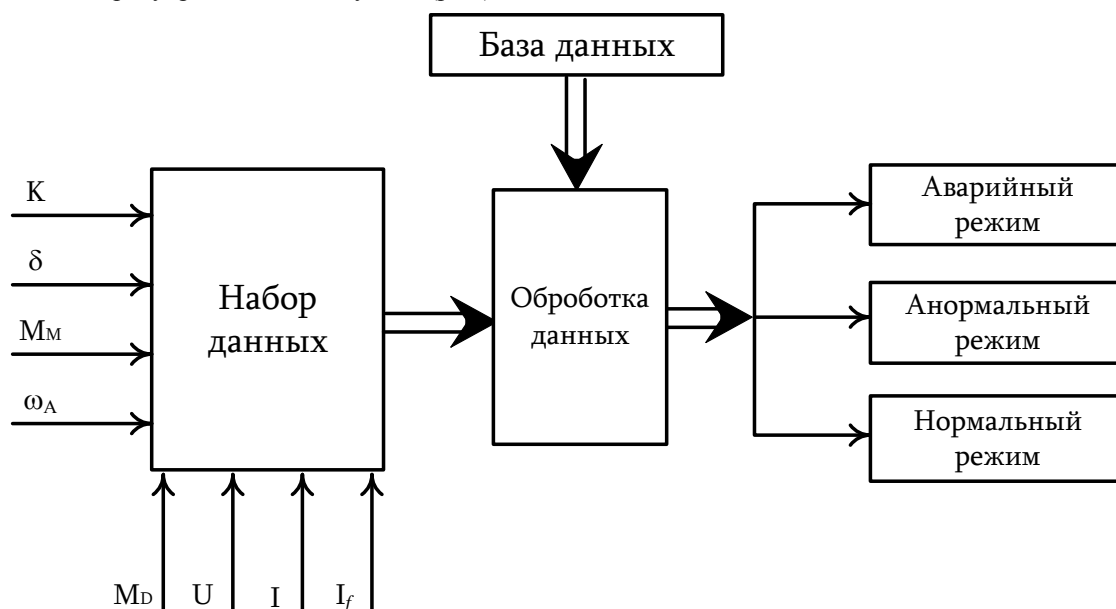


Рис. Структурная схема системы контроля приводного двигателя рудоразмельной мельницы

В блоке обработки данных (рис.) осуществляются следующие операции:

1. Сравнение измеряемых и полученных полиномом значений момента сопротивления, создаваемого рудоразмельной мельницей:

- если разница превышает максимально допустимый предел ( $\Delta M_{\max}$ ), то сигнал отправляется в блок реагирования аварийного режима;

- если разница находится в допустимом пределе ( $\Delta M_{\min} < \Delta M < \Delta M_{\max}$ ), то для оценки состояния двигателя определяются коэффициенты корреляции между моментом сопротивления мельницы и коэффициентом заполнения, а также объемным весом материала, соответствующий сигнал и передается в блок реагирования аномального режима;

В блоке сбора информации регистрируются технологические и энергетические параметры, характеризующие рабочие режимы рудоразмельной мельницы и электроприводного двигателя, в частности, степень заполнения мельницы ( $K$ ), угловая скорость барабана мельницы ( $\omega_A$ ), объемный вес материала ( $\delta$ ), ток статора двигателя ( $I$ ), момент двигателя ( $M_D$ ), синхронная скорость двигателя ( $\omega_D$ ), напряжение питания ( $U$ ), ток возбуждения ( $I_f$ ),

База данных включает в себя технические данные разнотипных синхронных двигателей и рудоразмельных мельниц.

В блоке обработки данных осуществляется обработка и сравнение соответствующей информации, полученной из блока сбора и базы данных, после чего результаты передаются в блок предупреждения ситуации.

- если разница не превышает минимально допустимого предела отклонения момента сопротивления, создаваемого мельницей ( $\Delta M \leq \Delta M_{\min}$ ), то сигнал передается в блок реагирования нормального режима.

2. Сравнение измеренного значения напряжения питания приводного двигателя со значением, введенным ранее для этого двигателя:

- если разница превышает максимально допустимый предел ( $\Delta U_{\max}$ ), сигнал передается в блок аварийного реагирования;

- если разница находится в допустимом пределе ( $\Delta U_{\min} < \Delta U < \Delta U_{\max}$ ), то сигнал передается в блок реагирования аномального режима;

- если разница не превышает минимального предела отклонения напряжения ( $\Delta U \leq \Delta U_{\min}$ ),

то сигнал передается в блок реагирования нормального режима.

3. Сравнение измеряемого в данный момент значения вращающего момента приводного синхронного двигателя со значениями, введенными ранее для этого двигателя, и момента сопротивления, создаваемого мельницей;

- если разница превышает максимально допустимый предел отклонения  $(\Delta M > \Delta M_{c.max} \text{ и/или } M_c \leq M)$ , то сигнал отправляется в блок реагирования аварийного режима;

- если разница находится в допустимом пределе

$(\Delta M_{c.min} < \Delta M_c < \Delta M_{c.max} \text{ и } M_c > M)$ ,

то сигнал передается в блок реагирования аномального режима;

- если разница не превышает минимального предела отклонения  $(\Delta M_c \leq \Delta M_{c.min})$ , то сигнал передается в блок реагирования нормального режима.

4. Сравнение измеряемого значения тока статора двигателя с допустимым значением тока, введенным ранее для этого двигателя:

- если разница превышает максимально допустимый предел отклонения  $(\Delta I > \Delta I_{max})$ , то сигнал передается в блок аварийного реагирования;

- если разница находится в допустимом пределе  $(\Delta I_{min} < \Delta I < \Delta I_{max})$ , то сигнал передается в блок реагирования аномального режима;

- если разница не превышает минимального предела отклонения тока статора  $(\Delta I \leq I_{min})$ , то сигнал передается в блок реагирования нормального режима.

5. Определение скольжения синхронного двигателя:

$$s = \frac{\omega_c - \omega_D}{\omega_c},$$

где  $\omega_D$  - скорость вращения двигателя (рад/с);

$p$  - число пар полюсов;  $\omega_c$  - синхронная скорость двигателя, определяемая следующим образом

$$\omega_c = \frac{2\pi f \beta}{p}, \quad \beta = 0,2 \div 0,35.$$

Для выявления состояния двигателя, т.е. установленная режима работы двигателя (синхронного или асинхронного) оценивается значение скольжения.

- при  $s = 0$  двигатель работает в синхронном режиме;

- при  $0 < s \leq 0,05$  двигатель переходит в подсинхронное состояние;

-  $0,05 < s < 1$  двигатель находится в глубоком асинхронизме.

**Выводы:** Разработанный алгоритм системы контроля позволяет выявить аномальные рабочие режимы приводного двигателя рудоразмольной мельницы и сигнализирует о необходимости предотвращения недопустимых рабочих режимов двигателя. Предлагаемый алгоритм можно использовать для разработки системы обнаружения и предотвращения аварийных режимов.

#### Список литературы

1. Коварский Е.М., Янко Ю.И. Испытание электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 317 с.
2. Жерве Г.К. Промышленное испытание электрических машин. – Л.: Энергоатомиздат, – 324 с.
3. Черный А.П. Структура системы функциональной диагностики электрических машин электроприводов // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: „Електротехніка і енергетика”. – Донецьк: ДонНТУ, 2003. – Вып. 67. – С. 109-112.
4. Penman J., Sedding H. G., Lloid B. A., and Fink W. T. Detection and location of inter-turn short circuits in the stator windings of operating motors // Proceedings of IEEE Transactions on Energy Conversion. – 1994. - Vol. 9, No. 4. -P. 652-658.
5. Joksimovic Gojko M. and Penman Jim The Detection of Inter-Turn Short Circuits in the Stator Windings of Operating Motors // IEEE Transactions on Industrial Electronics. – 2000. - Vol. 47, No. 5. - P. 1078-1084.
6. Багдасарян М.К. Система управления процессом измельчения минерального сырья. LAP Lambert Academic Publishing, 2012. – 184 с.
7. Багдасарян М.К., Алавердян С.С. Математическая модель для исследования электромеханической системы мельница-двигатель // Изв. НАН РА и ГИУА. Сер.ТН.– 2013. – Т.LXVI, №2. – С.148-155.