

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік
университетінің ғылыми журналы
Научный журнал Павлодарского государственного
университета имени С. Торайғырова

*1997 ж. құрылған
Основа в 1997 г.*



İ İ Ó
ÕÀÁÀÐØ ÛÑÛ

ÃÃÑÒÍ ÈÊ Ì ÃÓ

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРИЯ

1 2015

Научный журнал Павлодарского государственного университета
имени С. Торайгырова

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на учет средства массовой информации

№ 14310-Ж

выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия

Республики Казахстан

17 апреля 2014 года

Кислов А.П., к.т.н., профессор (главный редактор);
Леньков Ю.А., к.т.н., профессор (зам. гл. редактора);
Акаев А.М., магистр (отв. секретарь);

Редакционная коллегия:

Алиферов А.И., д.т.н., профессор, зав.каф. НГТУ (г. Новосибирск, Россия);
Боровиков Ю.С., к.т.н., профессор Национального исследовательского
института, проректор-директор Энергетического института
(г. Томск, Россия);
Глазырин А.И., д.т.н., профессор;
Горюнов В.Н., д.т.н., профессор ОмГТУ, директор Энергетического
института (г. Омск, Россия);
Говорун В.Ф., д.т.н., профессор;
Клецель М.Я., д.т.н., профессор;
Новожилов А.Н., д.т.н., профессор;
Захаров И.В., д.т.н., профессор;
Никифоров А.С., д.т.н., профессор;
Хацевский В.Ф., д.т.н., профессор;
Тастенов А.Д., к.т.н., доцент;
Нургожина Б. В. (тех. редактор).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели.

Мнение авторов публикаций не всегда совпадает с мнением редакции.

Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов.

Рукописи и дискеты не возвращаются.

При использовании материалов журнала ссылка на «Вестник ПГУ» обязательна.

МАЗМҰНЫ

Ахметов Е. С., Сүлейменова А. Е.

Тиімді минералды тыңайтқыш себушінің конструкциялық және
технологиялық оңтайлы көрсеткіштерін анықтау9

Әділ О. Б., Ергешбаева Н. В., Төлеубаев Б. Ә., Хамитов М. Х.

Радон миграциясы үдерісін зерттеуде жарық пен электротехникалық
шаралар және қауіпсіздіктің басқа да жағдайларын есепке алу17

Байматаева Ш. М.

Операторларды дайындау жүйесі үшін бу ысытқыш үлгісі25

Бороденко В. А.

Қозғалтқыштың бастапқы жүктемесіндегі қызметтерде автоматты
өзін-өзі баптауы бар жүйелік автоматика құрылғысы30

Бороденко В. А.

Өндіріс және эксплуатация үрдісінде резонансты геркондардың меншікті
параметрлерін анықтау35

Бороденко В. А.

Жүйелік автоматиканың әмбебап құрылғысына арналған
диагностикалаушы модуль44

Дроздова Н. К.

Радиоактивті заттардың шығуымен байланысты төтенше жағдайлар50

Жүнісов А. Қ., Құлымбаев Н. Қ., Толымбекова Л. Б., Спанов С. С.

Павлодар қ. металлургиялық өндірістің қалдықтарын
қайта өңдеуді зерттеу54

Захарова Е. И., Науман О. А., Захаров И. В.

Сыйымдылық байланысымен жайпақ индукциалы
жылытқышта тоқты тарату58

Кайдар А. Б., Бейсенбаев Д. Е., Кислов А. П., Марковский В. П.,

Шапкенов Б. К., Ашимова А. К.

Электр жабдықтаның және электр қозғағыштың
күш беретін электроникасы65

Кислов А. П., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К.

Дәстүрлі инверторлық электр қозғағыштардың ақаулықтарын және
күйге келтірудің диагностикасының бірнеше әдістері71

Кислов А. П., Марковский В. П., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К.,

Арипова Н. М.

Электрэнергетикалық жүйедегі асинхрондық жүрістің пайда болу
кезіндегі белсенді қуатының ағымдарын басқаруды тиімді талдау81

Куличенков В. П., Марковский В. П., Султангалеев Р. К.

Электрэнергия шығынын төмендету мәселелерін шешу91

Куличенков В. П., Марковский В. П.

Жылу сорғыштарды пайдалану кезіндегі отынды тұтынуды азайту104

Мажимова Д. Ж., Рындин В. В.

Ескене-Курык құбырын есептеу
 MATHCAD математикалық жүйені қолдану 114

Новожилов А. Н., Потапенко А. О., Новожилов Т. А.

Асинхронды қозғағыштың қысқатұйықталған ротор өзегінің үзілуін
 диагностикалау әдістері 120

Тюлекенов Р. С.

Ақмола аудан АЭЖ «АЭУК» АҚ 10 кВ электр желісін авариялық
 өшірулерін зерттеу 130

Авторлар үшін ереже 136

СОДЕРЖАНИЕ**Ахметов Е. С., Сүлейменова А. Е.**

Определение оптимальных конструктивных и технологических
 параметров эффективного туковысевающего аппарата 9

Адил О. Б., Ергешбаева Н. В., Тулеубаев Б. А., Хамитов М. Х.

Учет освещенности, электротехнических мероприятий и других
 условий безопасности в процессе изучения миграции радона 17

Байматаева Ш. М.

Модель пароперегревателя для системы подготовки операторов 25

Бороденко В. А.

Устройство системной автоматики с автоматической самонастройкой
 в функции исходной загрузки двигателей 30

Бороденко В. А.

Определение собственных параметров резонансных герконов
 в процессе производства и эксплуатации 35

Бороденко В. А.

Диагностирующий модуль для универсального устройства системной
 автоматики 44

Дроздова Н. К.

Чрезвычайные ситуации, вызванные выходом радиоактивных веществ ... 50

Жунусов А. К., Кулумбаев Н. К., Толымбекова Л. Б., Спанов С. С.

Исследования переработки отходов металлургических производств
 г. Павлодара 54

Захарова Е. И., Науман О. А., Захаров И. В.

Распределение тока в плоском индукционном нагревателе
 с емкостной связью 58

Кайдар А. Б., Бейсенбаев Д. Е., Кислов А. П., Марковский В. П.,

Шапкенов Б. К., Ашимова А. К.
 Силовая электроника электрооборудования и электропривода 65

Кислов А. П., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К.
 Несколько методов диагностики неисправностей и настройки
 традиционных инверторных электроприводов 71

Кислов А. П., Марковский В. П., Кайдар А. Б., Шапкенов Б. К.,

Арипова Н. М.
 Анализ эффективности управления перетоками активной мощности при
 возникновении асинхронного хода в электроэнергетической системе 81

Куличенков В. П., Марковский В. П., Султангалеев Р. К.

Решение проблем снижения потерь электроэнергии 91

Куличенков В. П., Марковский В. П.

Уменьшение потребления топлива при использовании
 тепловых насосов 104

Мажимова Д. Ж., Рындин В. В.

Применение математической системы MATHCAD
для расчета трубопровода Ескене-Курык 114

Новожилов А. Н., Потепенко А. О., Новожилов Т. А.

Методы диагностики обрыва стержней короткозамкнутого ротора
асинхронного двигателя 120

Тюлеkenов Р. С.

Исследование аварийных отключений воздушных линий 10 кВ
Акмолинских МЭС АО «АРЭК» 130

Правила для авторов 136

CONTENT

Akhmetov E. S., Suleimenova A. E.

Determination of appropriate constructive and technological characteristics
of self-cleaning seed-sowing device 9

Adil O. B., Ergeshbayeva N. V., Toleubayev B. A., Khamitov M. KH.

Accounting of illumination, electrotechnical measures and other safety
conditions in the process of studying the migration of radon 17

Baimatayeva Sh. M.

Vapour superheater model for operators training system 25

Borodenko V.

The device of system automatics with automatic
self-adjustment at initial loading of engines 30

Borodenko V.

Definition of the own parameters of resonant reed relays in the course
of manufacture and operation 35

Borodenko V.

The diagnosing module for the universal device of system automatics 44

Drozdova N.

Emergency situations caused by release of radioactive substances 50

Zhunussov A. K., Kulumbaev N. K., Tolyzbekova L. B., Spanov S. S.

Research of metallurgical wastes processing in Pavlodar 54

Zakharova E. I., Naumann O. A., Zakharov I. V.

The current distribution in a flat induction heater
with capacitive coupling 58

Kaidar A. B., Beissenbayev D. E., Kislov A. P., Markovsky V. P.,

Shapkenov B. K., Ashimova A. K.

Power electronics for electrical equipment and electrical drives 65

Kislov A. P., Kaidar A. B., Shapkenov B. K.

Several techniques of fault diagnosis and reconfiguration in cids 71

Kislov A. P., Markovsky V. P., Kaidar A. B., Shapkenov B. K., Aripova N. M.

Analysis of the effectiveness of the active power flows control in the event
of an asynchronous course in electric power system 81

Kulichnikov V. P., Markovsky V. P., Sultangaliev R. K.

Solution of problems of decrease of the electric power's losses 91

Kulichnikov V. P., Markovsky V. P.

Reducing fuel consumption by using a heat pump 104

Mazhimova D. Zh., Ryndin V. V.

Using of mathematical system MATHCAD
for calculation of pipeline Yeskene-Kuryk 114

Novozhilov A. N., Potapenko A. O., Novozhilov T. A.

Methods of detection of broken rotor bars in induction motor 120

Tyulekenov R. S.

Investigation of emergency shutdown of overhead 10 kV lines
at Akmola MES JSC "AREK"130

Rules for authors136

Е. С. Ахметов¹, А. Е. Сүлейменова²

¹т.ғ.к., доцент, ²магистрант, С. Сейфуллин атындағы қазақ агротехникалық университет, Астана қ.

ТИІМДІ МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШ СЕБУШІНІҢ КОНСТРУКЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ОҢТАЙЛЫ КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ

Берілген мақалада автор тиімді минералды тыңайтқыш себушінің конструкциялық және технологиялық оңтайлы көрсеткіштерін анықтады.

Кілтті сөздер: минералды тыңайтқыш, себуші, конструкциялық, технологиялық, көрсеткіш, оңтайлық параметрлер.

Эксперименттік тиімді минералдық тыңайтқыш себушінің жұмыс сапасының негізгі көрсеткіштері – себушілер арасындағы себу біркелкісіздігі мен себу тұрақсыздығы тәжірибелерді өткізу шарттарының өзгеруіне тәуелді, яғни конструкциялық және технологиялық параметрлерді өзгерту оңтайлық параметрлерінің өзгерісіне әкеледі [1].

Тісті-шарғылы себуші тыңайтқыштың ылғалдылығы 12-16 %-ға көтергенде оның себу біркелкісіздігі мен себу тұрақсыздығы белгіленген агротехникалық талаптардан ауытқып, жұмыс қабілеттілігі төмендейді [2].

Сондықтан бұл қиындықты шешу мақсатында келесі тиімді минералдық тыңайтқыш себушіні зерттеу керек.

Тиімді минералдық тыңайтқыш себушінің конструкциялық және технологиялық параметрлерінің тиімді сапа көрсеткіштерін анықтау үшін зертханалық зерттеу жұмыстары жүргізілді.

Факторлардың өзгеру шарттары алдында қарастырылған себушімен бірдей, тек қана x_2 – тербеліс амплитудасы жұдырықшаның орнын өзгерту арқылы басқарылып және табылған аралықтарда қойылған.

Тәжірибелердің нәтижелерін математикалық өңдеулерден кейін регрессиялық теңдеудің коэффициенттері алынды [3].

Себушілер арасындағы себу біркелкісіздігі үшін:

$$\varepsilon'_0 = 3,532 \quad \varepsilon'_1 = 0,164 \quad \varepsilon'_2 = 0,135 \quad \varepsilon'_3 = -0,461$$

$$\varepsilon'_{12} = 0,162 \quad \varepsilon'_{13} = 0,389 \quad \varepsilon'_{23} = -0,312 \quad \varepsilon'_{123} = -0,0037$$

$$\varepsilon'_{11} = 0,121 \quad \varepsilon'_{22} = 0,234 \quad \varepsilon'_{33} = 0,764$$

Себу тұрақсыздығы үшін:

$$\begin{aligned} \varepsilon_0'' &= 3,602 & \varepsilon_1'' &= 0,175 & \varepsilon_2'' &= 0,146 & \varepsilon_3'' &= -0,497 \\ \varepsilon_{12}'' &= 0,187 & \varepsilon_{13}'' &= -0,525 & \varepsilon_{23}'' &= -0,354 & \varepsilon_{123}'' &= -0,005 \\ \varepsilon_{11}'' &= 0,214 & \varepsilon_{22}'' &= 0,325 & \varepsilon_{33}'' &= 0,831 \end{aligned}$$

Регрессиялық теңдеудің коэффициенттерінің дисперсиясы:

$$\begin{aligned} S^2(\varepsilon_0)' &= 0,0262 & S^2(\varepsilon_0)'' &= 0,0211 \\ S^2(\varepsilon_i)' &= 0,0117 & S^2(\varepsilon_i)'' &= 0,0093 \\ S^2(\varepsilon_{ii})' &= 0,0206 & S^2(\varepsilon_{ii})'' &= 0,0162 \\ S^2(\varepsilon_{ii})' &= 0,0011 & S^2(\varepsilon_{ii})'' &= 0,0081. \end{aligned}$$

Коэффициенттер үшін сенім интервалдары келесі мәндерге ие:

$$\begin{aligned} \Delta\varepsilon_0' &= \pm 0,6682; & \Delta\varepsilon_0'' &= \pm 0,5235; \\ \Delta\varepsilon_i' &= \pm 0,3038; & \Delta\varepsilon_i'' &= \pm 0,3098; \\ \Delta\varepsilon_{ii}' &= \pm 0,0514; & \Delta\varepsilon_{ii}'' &= \pm 0,0413; \\ \Delta\varepsilon_{ii}' &= \pm 0,1829; & \Delta\varepsilon_{ii}'' &= \pm 0,1212; \end{aligned}$$

ε_{123}' және ε_{123}'' коэффициенттері абсолюттік шамалары бойынша сәйкес сенім интервалдарынан аз, оларды статистикалық мағынасыз деп регрессиялық теңдеуден шығарып тастауға болады.

Сондықтан регрессиялық теңдеу келесіндей түрге ие:

Себушілер арасындағы себу біркелкісіздігі үшін:

$$Y_1 = 3,532 + 0,164x_1 + 0,135x_2 - 0,461x_3 + 0,212x_1x_2 - 0,389x_1x_3 - 0,312x_2x_3 + 0,121x_1^2 + 0,234x_2^2 + 0,764x_3^2 \quad (1)$$

Себу тұрақсыздығы үшін:

$$Y_2 = 3,602 + 0,175x_1 + 0,146x_2 - 0,497x_3 + 0,187x_1x_2 - 0,525x_1x_3 - 0,354x_2x_3 + 0,214x_1^2 + 0,325x_2^2 + 0,831x_3^2 \quad (2)$$

Алған үлгілердің адекваттылығын тексеру үшін F көрсеткіші есептелді:

$$\begin{aligned} S_{ag}^2 &= 0,0937; & S_{y_1}^2 &= 0,032; & F_{p_1} &= 2,93 \\ S_{ag}^2 &= 0,0643; & S_{y_2}^2 &= 0,0256; & F_{p_2} &= 2,54 \end{aligned}$$

F_i көрсеткішінің кестелік мәндерінің мағыналық деңгейі 5% болғанда, f_{ag} және f_e еркін дәрежелері 5,05-ға тең болады $F_p < F_T$ мәнінде үлгілерінің сенімділігі 95 % ақиқаттықпен қабылданатын адекваттылықтары туралы болжам алынды [3].

Факторлардың (x_1, x_2, x_3) өзгертіліп жазылғаннан (δ, A_0, K) нақты мәндерге өтуі келесі теңдеулерімен іске асырылады:

$$x_1 = \frac{\delta - 6}{2} \quad x_2 = \frac{A - 0,114}{0,05} \quad x_3 = \frac{K - 30}{10}$$

Екінші дәрежелі (1) және (2) теңдеулерді талдау өте қиын, сондықтан алынған геометриялық функцияның кескінін сипаттауға келтірілген байланыстар арқылы түрлендіріп оны канондық түрге келтіреміз [4].

Себушілер арасындағы себу біркелкісіздігі

$$Y_1 - 2,41 = 0,371X_1^2 + 0,12X_2^2 + 0,62X_3^2. \quad (3)$$

Себу тұрақсыздығы

$$Y_2 - 2,57 = 0,452X_1^2 + 0,245X_2^2 + 0,675X_3^2. \quad (4)$$

Себушілер арасындағы себу біркелкісіздігінің канондық түрдегі теңдеуін қарастыра отырып, беттің кескіні айналу эллипсоиды болатынын және минимум эллипсоидтың ортасында жатқанын атап өту керек, өйткені барлық коэффициенттер оң таңбаларды қабылдайды. Экстремум айналымы факторлардың өзгеру аралықтарының таңдалуының дұрыстығын растайды, яғни зерттелетін облыста жатады. Фигураның ортасының координаталары:

$$x_{1s} = 0,314; \quad x_{2s} = 0,012; \quad x_{3s} = 0,225;$$

Ерекше нүктелердің координаталарының өзгертілген жазылудан негізгі жазылуға ауыстыруда факторлардың нақты мәндері алынды: себу саңылауы 6,4 мм; тербеліс амплитудасы 4,5 мм; себушінің айналу жиілігі 32-34 айн/мин. Осыған орай себушілер арасындағы себу біркелкісіздігі 2,41 %-ға тең.

Сондай-ақ (4) теңдеуін қарастырып, факторлардың тәжірибе ортасындағы келесі нақты мәндерін аламыз $\delta = 6,2$ мм; $A = 4,9$ мм; $K = 34$ айн/мин. Фигураның ортасындағы себу тұрақсыздығы 2,57 %-ға тең.

Себушілер арасындағы себу біркелкісіздігі мен тұрақсыздығына арналған тәжірибелердің орталары оңтайлы көрсеткіштерді іздестіру үшін Y_1 -дің екі кеңістіктік қималарымен сәйкес беттердің Y_2 -бетінің екі кеңістіктік қималарын қарастырып, шартты экстремумдарды таңдауға негізделген графоаналитикалық әдіс пайдаланылды. $X_1 = 0,314$ болғанда Y_2 бетінің екі кеңістіктік қималарының құрылымы қарастырылды, яғни себу саңылауы 6,4 мм тең. (1) теңдеуге $X_1 = 0,314$ мәнін қойып, оны үйреншікті (стандартты) түрге келтіруден кейін теңдеуі алынады.

$$Y_1 - 2,41 = 0,807 X_2^2 + 0,391 X_3^2 \quad (5)$$

Ортаның координаталары және осьтерінің бұрылу бұрышы:

$$x_{2s} = 0,012, \quad x_{3s} = 0,225, \quad \alpha = -18^\circ 23'$$

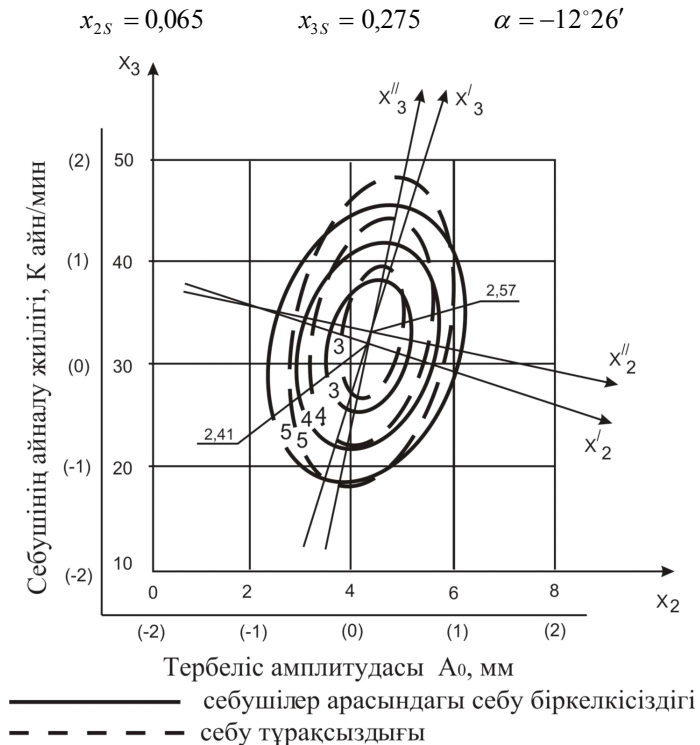
(5) теңдеуде себушілер арасындағы себу біркелкісіздігінің әр түрлі мәндерін қабылдай отырып, түйіндес эллипстердің яғни, тұтас сызықтармен сызылған себушілер арасындағы себу біркелкісіздігінің көрсеткішіне тең сызықтардың жиынтығы түріндегі контурлы қисықтардың теңдеуін аламыз, 1-сурет.

Демек, $X_1 = 0,105$ болғанда (2) теңдеуден

$$Y_2 - 2,57 = 0,884 X_2^2 + 0,271 X_3^2 \quad (6)$$

Ерекше нүктелерінің координаталары және осьтерінің бұрылу бұрышы

$$x_{2s} = 0,065 \quad x_{3s} = 0,275 \quad \alpha = -12^\circ 26'$$

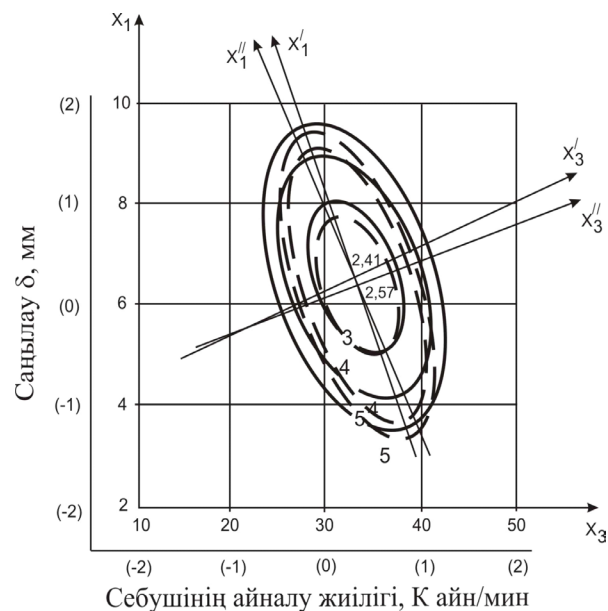


1 сурет – Себу біркелкісіздігі мен себу тұрақсыздығын сипаттайтын бетті екі өлшемді қиықпен беттестіру

Сонымен бірге алдыңғылар сияқты (6) теңдеу бойынша тербеліс амплитудасы мен себушінің айналу жиіліктеріне тәуелді, яғни 1-суретте көрсетілгендей, Y_2 – себу тұрақсыздығының көрсеткіштерінің мәніне тең сызығы құрастырылған. Олар штрихпунктирлі сызықтармен сызылған. 1-ші суретте қарастырылатын кимадағы себу тұрақсыздығының минималды мәні 2,57 %-ға және $A_0 = 4,8$ мм; $K = 32$ айн/мин аралықтарында орын алатынын көруге болады. Ал, $A_0 = 4,6$ мм; $K = 34$ айн/мин болғанда, себушілер арасындағы себу біркелкісіздігінің ең кіші мәні 2,41 %-ға жетеді.

X_2 – нің бекітілген мәнінде, X_1 және X_3 бойынша беттің екі кеңістіктік қималары құрастырылды, 2-сурет. (1) және (2) теңдеулері келесі түрлерге ие болады:

Сол сияқты – тің тұрақты мәнінде, бойынша екі кеңістіктік қималар құрастырылды, 3-сурет.



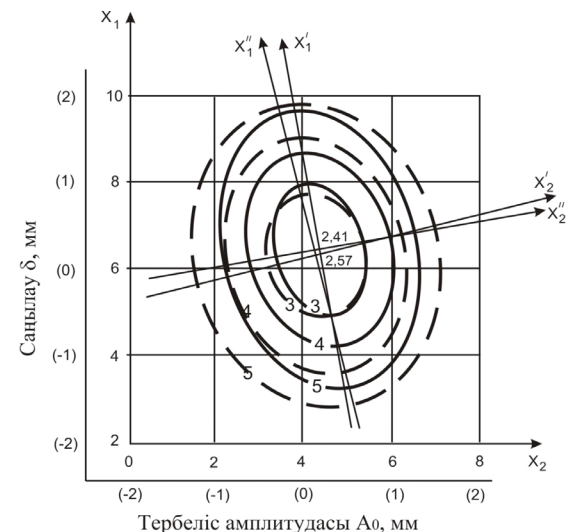
2 сурет – Себу біркелкісіздігі мен себу тұрақсыздығын сипаттайтын бетті екі өлшемді қиықпен беттестіру

Канондық теңдеулер келесі түрге ие болады:

$$Y_1 - 2,41 = 0,542X_2^2 + 0,112X_2^2 \quad (9)$$

$$Y_1 - 2,57 = 0,341X_1^2 + 0,198X_2^2 \quad (10)$$

Эксперименттік тиімді минералдық тыңайтқыш себушінің себу біркелкісіздігі мен себу тұрақсыздығының ең кіші мәндері $A_0 = 4,7-4,9$ мм; және $\delta=6,0 - 6,4$ мм және $K=32 - 34$ айн/мин факторларының мәндеріне жетегіндігін (1, 2, 3-ші сурет-терден) екі өлшемді қималардың беттесуі мен (1), (2) теңдеулеріне талдауы көрсетеді. Анықталған көрсеткіштермен себушілер жасалды.



— себушілер арасындағы себу біркелкісіздігі
 - - - себу тұрақсыздығы

3 сурет – Себу біркелкісіздігі мен себу тұрақсыздығын сипаттайтын бетті екі өлшемді қиықпен беттестіру

Зертханалық тәжірибелерде, тиімді минералдық тыңайтқыш себуші 2,34 %, себу біркелкісіздігі және 2,53 % себу тұрақсыздығын көрсетті.

Жоғарыда келтірілгендерді қорыта келе, СЗС-2,0 тұқым мен тыңайтқыш сепкішіне орнатылған тиімді минералдық тыңайтқыш себушінің конструкциялық және технологиялық параметрлері минералдық тыңайтқыштарды енгізуі үшін келесі мәнде болуы керек:

Себу саңылауы $\delta=6,4$ мм;

Тербеліс амплитудасы $A_0=5,0$ мм;

Себушінің айналу жиілігі $K=34$ айн/мин.

ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1 **Ахметов, Е. С.** Минералдық тыңайтқыштарды себу аппаратының бірқалыпты мөлшерлеуін арттыру жолдары. //Вестник науки. Каз.ГАТУ, Астана, 2005. – т. IV. – № 7.

2 **Ахметов, Е. С.** Минералды тыңайтқышты себу аппараттарының бірқалыпты және тұрақты себуін арттыру жолдары //Вестник науки. Каз. ГАТУ, Астана, 2005. – т. V. – №8.

3 Мельников, С. В., Алешкин, В. Р., Рошин П. М. Планирование

эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов – Ленинград : Колос, 1980. – с. 168.

4 Спиридонов, А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. М. : Машиностроение, 1981. – с. 184.

Материал 13.02.15 баспаға түсті.

E. S. Akhmetov, A. E. Suleimenova

Определение оптимальных конструктивных и технологических параметров эффективного туковысевающего аппарата

Казахский агротехнический университет
имени С. Сейфуллина, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 13.02.15.

E. S. Akhmetov, A. E. Suleimenova

Determination of appropriate constructive and technological characteristics of self-cleaning seed-sowing device

S. Seifullin Kazakh Agrotechnical university, Astana.

Material received on 13.02.15.

По данным лабораторных опытов с экспериментальными эффективными туковысевающими аппаратами, проведенных методом планирования полнофакторных экспериментов, получены математические модели второго порядка, адекватно описывающие зависимости неравномерности и неустойчивости высева от конструктивных и технологических параметров. В результате анализа указанных модели уточнены их оптимальные значения.

According to laboratory experiences with experimental self cleaning off fertilizer distributors, conducted by the method of planning of full factorial experiments, there were received mathematical models of the second order, sufficiently describing dependences of unevenness and instability of seeding from constructive and technological parameters. As a result of the analysis the optimum values of specified models are specified.

УДК 577.4:574.4:577.391:539.16

**О. Б. Адил, Н. В. Ергешбаева,
Б. А. Тулеубаев, М. Х. Хамитов**

Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова,
г. Павлодар

УЧЕТ ОСВЕЩЕННОСТИ, ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ И ДРУГИХ УСЛОВИЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ИЗУЧЕНИЯ МИГРАЦИИ РАДОНА

В настоящей статье авторы приводят результаты исследования основных требований безопасности проведения экспериментов в особо опасных условиях.

Ключевые слова: радиоактивные загрязнения, учет освещенности, электротехнические мероприятия, безопасность, миграция радона.

В современных условиях проблемы с радиоактивным загрязнением объектов окружающей среды имеют особую актуальность, что связано расширением зон влияния их источников и миграцией радионуклидов разными путями. Это в первую очередь – мигрирующий газ – радон, который вследствие специфических особенностей (без цвета, вкуса и запаха, в 7,5 раза тяжелее воздуха, мощный природный альфа-излучатель, период полураспада – 3,8 суток) представляет собой опасность для людей, особенно проживающих на нижних (первом и втором) этажах. С другой стороны, радон является оптимальным индикатором при различных геологических и геотехнических исследованиях [1].

Итак, радон, являясь природным источником ионизирующего излучения представляет радиационную опасность для населения, так как наибольший вклад в дозу облучения населения вносят именно природные источники ионизирующего излучения – обычно от 50 до более чем 90% суммарной годовой эффективной дозы облучения населения. При этом внутреннее облучение происходит в основном за счет ингаляции изотопов Rn-222 и Rn-220 и их короткоживущих дочерних продуктов.

Радон-222 является продуктом распада радия-226, который, в свою очередь, образуется в результате последовательных распадов урана-238. Уран и радий содержатся в земной коре, как правило, в малых пропорциях. На этом основании можно было бы ожидать, что радоновая проблема – это проблема урановых рудников. Но оказывается, что этот инертный газ довольно

коварен. Не вступая в химические реакции, он способен подниматься к поверхности земли с больших глубин, повышая по мере подъема свою концентрацию в грунтовой газовой смеси. Сталкиваясь на своем пути с газонепроницаемыми слоями, он может накапливаться, достигая высоких концентраций. Обходя газонепроницаемые слои, радон может выходить на поверхность земли вдали от источника своего образования. Радон тяжелее воздуха, поэтому, поднявшийся из глубин, он может скапливаться в подвалах зданий и на нижних этажах, проникая туда через землю, фундамент и пол. Повышает опасность для населения и характерная особенность зданий в период отопления – понижение давления в помещениях относительно атмосферного. Этот эффект может приводить не просто к диффузионному поступлению радона в помещения, а к отсосу зданием радона из грунта [2].

Исследованиями установлено, что источниками радона в воздухе помещений являются также строительные материалы, из которых построено здание, используемые воды, бытовой газ и атмосферный воздух, однако основной источник радона в воздухе помещений – геологическое пространство под зданием.

В различных странах мира выявлены десятки тысяч зданий с концентрацией радона, в тысячи раз превышающей его содержание в наружной атмосфере. В обитаемых помещениях (в том числе в детских учреждениях) обнаружены концентрации радона, многократно превышающие уровни, признанные недопустимыми даже для очистных забоев урановых рудников. То, что радон представляет опасность не только для шахтеров, было впервые осознано в конце 50-х годов. Но лишь в 1977 году научным комитетом ООН по воздействию атомной радиации радон был определен как основной источник опасности для населения.

Не менее важным аспектом изучения радона является его использование в качестве радиоизотопного индикатора.

Радон, являясь газом радиогенного происхождения, составляет важнейшую часть газового дыхания Земли, которое несет информацию о недрах планеты, о процессах в верхней части земной коры и о геологической обстановке в данном регионе. Таким образом, радон – это удобный для измерений радиоизотопный индикатор, который может быть использован в решении проблем геохимии и рудообразования.

Методика проведения работы

При организации экспериментальной работы по изучению миграции радона можно выделить следующие опасные и вредные факторы:

1. высокое напряжение;
2. излучение закрытых источников (^{239}Pu и Eu^{152})
3. вредные вещества в виде щелочей, применяемые при травлении треновых детекторов.

Таким образом, накладывается ряд определенных обязательств по соблюдению следующих правил техники безопасности: электробезопасность; радиационная и химическая безопасность;

Перед началом работ проводятся организационные мероприятия:

1. Вводный инструктаж проводится инженером лаборатории по всем лабораторным установкам и приборам, используемым в данной лаборатории. Были показаны местоположения пожарного щита и общего электрического рубильника, а также наличие и расположение телефона.

2. Проверка знаний и сдача экзаменов по электрической, пожарной и радиационной безопасности проводилась в течение освоения учебной программы, а также на рабочем месте.

3. Для работы выдаются необходимые индивидуальные средства защиты (хлопчатобумажный халат, обувь).

Организация рабочего места проводится с инженером лаборатории радиационного контроля, учитывались заземление всех электроприборов и условия освещенности на рабочем месте.

Известно, что правильно спроектированное и рационально выполненное освещение производственных помещений оказывает положительное психофизиологическое воздействие на работающих, способствует повышению эффективности и безопасности труда, снижает утомление и травматизм, сохраняет высокую работоспособность.

Ощущение зрения происходит под воздействием видимого излучения (света), которое представляет собой электромагнитное излучение с длиной волны 0,38...0,76 мкм. Чувствительность зрения максимальна к электромагнитному излучению с длиной волны 0,555 мкм (желто-зеленый цвет) и уменьшается к границам видимого спектра [2].

При освещении производственных помещений используется естественное освещение, создаваемое прямыми солнечными лучами и рассеянным светом небосвода и меняющемся в зависимости от географической широты, времени года и суток, степени облачности и прозрачности атмосферы; искусственное освещение, создаваемое электрическими источниками света, и совмещенное освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Основной задачей расчета для искусственного освещения является – определение требуемой мощности электрического светильника для создания заданной освещенности помещения.

Произведем расчет искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности методом светового потока (или методом коэффициента использования светового потока) для лаборатории активационного анализа.

В качестве источника света выбираем люминесцентные лампы типа ПВЛ. Световой поток лампы Фл (лм) рассчитывается по формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = 100 \cdot E_{\text{н}} \cdot S_{\text{п}} \cdot z \cdot k_3 / (n_{\text{св}} \cdot \eta_{\text{п}}),$$

где $E_{\text{н}}$ – нормируемая минимальная освещенность, согласно СНиП для люминесцентных ламп выбираем 200 лк;

$S_{\text{п}}$ – площадь освещаемого помещения, $S = a \cdot b = 79,8 \text{ м}^2$;

z – коэффициент неравномерности освещения, равный отношению $E_{\text{ср}}/E_{\text{мин}}$, его значение для люминесцентных ламп принимается равным $z = 1,1$;

k_3 – коэффициент запаса, зависящий от вида технологического процесса и типа применяемых источников света, согласно СНиП равный $k_3 = 1,4 \div 1,7$ выбираем $k_3 = 1,6$;

$n_{\text{св}}$ – число светильников в помещении, принимаем $n_{\text{св}} = 6$;

$\eta_{\text{п}}$ – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования светового потока определяется по СНиП в зависимости от типа светильника, отражательной способности стен ($\rho_{\text{с}}$) и потолка ($\rho_{\text{п}}$), размеров помещения (a, b), индекса помещения (i).

Индекс помещения i определим по следующей формуле:

$$i = a \cdot b / [H \cdot (a + b)] = 11,4 \cdot 7 / [3 \cdot (11,4 + 7)] = 1,5,$$

где a, b – длина и ширина помещения, равные $a = 11,4 \text{ м}$, $b = 7 \text{ м}$;

H – высота подвеса светильников над рабочей поверхностью, $H = 3 \text{ м}$.

Коэффициенты отражательной способности стен ($\rho_{\text{с}}$) и потолка ($\rho_{\text{п}}$) оцениваются субъективно. Выбираем данные коэффициенты отражения для рассчитываемого помещения: $\rho_{\text{с}} = 50 \%$ – светлые стены с окнами; $\rho_{\text{п}} = 70 \%$ – покрашенный потолок.

Согласно рассчитанным и выбранным параметрам выбираем коэффициент использования светового потока $\eta_{\text{п}} = 37$. Далее рассчитываем световой поток лампы: $\Phi_{\text{л}} = 100 \cdot 200 \cdot 79,8 \cdot 1,1 \cdot 1,6 / (6 \cdot 37) = 12653 \text{ (лм)}$,

По полученному в результате расчета световому потоку по ГОСТ выбирается ближайшая стандартная лампа и определяется необходимая электрическая мощность. При выборе лампы допускается отклонение светового потока от расчетного в пределах 10...20 %.

Электробезопасность – система организационных и технических мероприятий и средств, обеспечивающих защиту людей от вредного и опасного воздействия электрического тока, электрической дуги, электромагнитного поля статического напряжения.

По степени опасности помещения подразделяют:

1 Помещения без повышенной опасности, в которых отсутствуют условия, создающие повышенную или особую опасность;

2 Помещения с повышенной опасностью, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих повышенную опасность:

- высокая температура;
- сырость или токопроводящая пыль;

• токопроводящие полы (металлические, земляные, железобетонные, кирпичные и т. п.);

• возможность одновременного прикосновения человека к металлоконструкциям зданий, имеющим соединение с землей, технологическим аппаратам, механизмам и т. п., с одной стороны, и к металлическим корпусам электрооборудования (открытым проводящим частям), с другой;

3 Особо опасные помещения, характеризующиеся наличием одного из следующих условий, создающих особую опасность:

- особая сырость;
- радиоактивная, химически активная или органическая среда;
- одновременно два или более условий повышенной опасности;

Территория открытых электроустановок в отношении опасности поражения людей электрическим током приравнивается к особо опасным помещениям.

Основными техническими способами и средствами защиты от поражения электрическим током являются: защитное заземление, зануление, выравнивание потенциалов, малое напряжение, электрическое разделение сетей, защитное отключение, изоляция токоведущих частей (рабочая, дополнительная, усиленная, двойная), компенсация токов замыкания на землю, оградительные устройства, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности, изолирующие защитные и предохранительные приспособления.

При эксплуатации действующих электроустановок важную роль в обеспечении безопасности персонала играют необходимые средства защиты: резиновые перчатки и резиновый коврик, указатели напряжения, временные ограждения, плакаты. Помещения, в которых проводятся работы, относятся к типу помещений с повышенной опасностью, в связи с этим к ремонту приборов допускаются специалисты, имеющие разрешение на работу с высоким напряжением. При подаче напряжения 600В, применяемом в счетчике АИСТ-2В не разрешаются прикасаться к касете, на которой расположен детектор.

Электробезопасность обеспечивалась соответствующей конструкцией электроустановок, применением технических способов и средств защиты, организационными и техническими мероприятиями.

Конструкция электроустановок соответствовала условиям их эксплуатации и обеспечивала защиту персонала от соприкосновения с токоведущими и движущимися частями, а оборудование – от попадания внутрь посторонних твердых тел и воды.

В работе используются источники ионизирующего излучения закрытого типа. Известно, что источников ионизирующего излучения, конструкция которых исключает попадание радиоактивных веществ в окружающую среду называют закрытыми.

Основным требованием к обеспечению радиационной безопасности при работе с закрытыми источниками является сооружение защит от излучения для снижения внешних потоков излучения на рабочих местах и в соседних помещениях до допустимых уровней.

В нерабочем положении источники находятся в защитных контейнерах. Специальных требований к отделке помещений при работе с закрытыми источниками излучения не предъявляется, кроме помещений для перезарядки и временного хранения демонтированных приборов и установок.

Использование закрытых источников излучения разрешается только в условиях, предусмотренных ГОСТами или технической документацией на источники. Осуществляется контроль герметичности источников в объеме и с периодичностью, установленной вышеуказанными документами. Запрещается использовать закрытые источники в случае нарушения их герметичности, а также по истечении срока эксплуатации источника без возобновления разрешения на его использование, применяемого комиссионным путем.

Устройство, в которое помещен источник ионизирующего излучения, должно быть устойчиво к механическим, химическим, температурным и другим взаимодействиям и соответствовать условиям его использования.

При работе с закрытыми источниками более 200 мг. экв. радия должны использоваться специальные устройства с дистанционным управлением. Внешняя упаковка или устройство, в которое помещен источник ионизирующего излучения, должны быть устойчивыми к механическим повреждениям, воздействию температуры и других факторов внешней среды.

Поверхность полученного в лаборатории источника до начала работы с ним должна быть проверена на отсутствие загрязнений радиоактивными веществами (например, методом взятия мазков). В случае обнаружения загрязнения радиоактивными веществами поверхность следует очистить под руководством представителя службы радиационной безопасности или поместить источник в дополнительную герметичную оболочку. Проверку радиационной чистоты необходимо производить на противне, покрытом фильтровальной бумагой. Загрязненные материалы следует сдать в хранилище как радиоактивные отходы.

При работе с радиоактивными источниками в общем помещении необходимо предупреждать о начале работы всех присутствующих. Присутствие в зоне облучения лиц, не связанных с данной работой, категорически запрещается.

Все герметичные источники в нерабочем положении должны находиться в защитных устройствах. По окончании работы источники ионизирующего излучения должны быть или убраны в сейф – железный ящик – для хранения, или сданы в хранилище, если в дальнейшем они больше не потребуются.

Место хранения должно быть обозначено знаком радиационной опасности. После окончания работы рабочее место должно быть прибрано и дезактивировано до допустимых величин.

Защиту детектора полупроводникового гамма-спектрометра обеспечивает НФК, внутри которой размещен детектор. НФК представляет собой комбинированную защиту в виде последовательного набора слоев из защитных материалов: свинца, стали, алюминия. Внутренний объем НФК составляет 0,0366 м³. Камера имеет форму параллелепипеда с внутренними размерами 285×285×450 мм. Основной защитный материал – свинец, толщиной 100 мм во всех направлениях относительно детектора. Для уменьшения вклада в аппаратурный спектр моноэнергетической линии характеристического рентгеновского излучения от свинца внутренняя поверхность камеры облицована 10 мм слоем стали и 10 мм слоем алюминия. Подставка под НФК, в которой размещен сосуд Дьюара с жидким азотом, также облицована 50 мм свинца.

К примеру, при работе используется источник ²³⁹Pu. Активность источника на день измерения составляла A=30,2 Бк. При известных значениях r=0,6 м, t=3 ч/нед, Г_D=105,6 аЗв*м²/с*Бк мощность эквивалентной дозы рассчитывается по формуле: $\dot{H} = 1,09 \cdot k \cdot A_{Pu} \cdot \Gamma_D / (r^2)$.

$$\dot{H} = 1,09 \cdot 1 \cdot 30,2 \cdot 105,6 / (0,3)^2 = 0,3 \text{ мкЗв/год.}$$

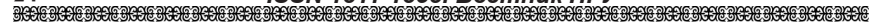
Сравниваем по НРБ-99 рассчитанные дозы с ДМД для лиц категории Б., проходящих обучение с источниками ионизирующего излучения доза не должна превышать дозы для персонала группы Б, т. е. $H \leq \text{ДМД}_B = 1,2 \text{ мкЗв/год}$. А расчетная – 0,3 мкЗв/год < 1,2 мкЗв/год, следовательно, рассчитанная мощность дозы не превышает предельно допустимую мощность дозы. Никаких дополнительных мер защиты при работе с источником ионизирующего излучения не требуется.

Перед измерениями предварительно проводится калибровка спектра по энергии, энергетическому разрешению и эффективности регистрации фотонов гамма-излучения с помощью гамма-источника Eu¹⁵², выполненного в геометрии сосуда Маринелли. Активность на момент изготовления A=2570 Бк. T=13,2 года = 4,2*10⁸ с. На время измерения активность источника составила: $A = A_{Eu} \cdot e^{-\lambda \cdot t} = 2570 \cdot e^{-\ln 2 \cdot t / T} = 2570 \cdot e^{-\ln 2 \cdot 9,52 \cdot 10^6 / 4,2 \cdot 10^8} = 534 \text{ Бк}$.

При известных значениях r = 0,3 м, A, ГD=50,7 аЗв*м²/с*Бк мощность эквивалентной дозы рассчитывается по формуле: $\dot{H} = 1,09 \cdot k \cdot A_{Eu} \cdot \Gamma_D / (r^2)$.

$$\dot{H} = 1,09 \cdot 1 \cdot 534 \cdot 50,7 / (0,3)^2 = 10,4 \text{ мкЗв/год.}$$

При сравнении с НРБ-99 10,4 мкЗв/год > 1,2 мкЗв/год рассчитанная мощность дозы превышает предельно допустимую мощность дозы. Но учитывая то, что рассчитанная мощность дозы приходится на 3 часа за одну неделю, а на остальное время месяцев оказывает влияние только естественный радиационный фон, то никаких дополнительных мер защиты при работе с источниками ионизирующего излучения не требуется.



В работе для травления трековых детекторов используется гидроокись NaOH. Для защиты от вредных веществ в виде щелочи основное значение имеют средства защиты органов дыхания. Работа проводится в помещении соответствующем требованиям химической лаборатории. Перед началом работы проводится инструктаж.

Разведение щелочи проводится в вытяжном шкафу. Раствор щелочи хранится герметичной таре с соответствующей маркировкой. Используются средства индивидуальной защиты органов дыхания, предназначенные для защиты от воздействия вредных газов и аэрозольных частиц, содержащихся в воздухе рабочей зоны. Используется противоаэрозольный фильтрующий респиратор. Для защиты человека от внешнего воздействия вредных веществ основным видом индивидуальной защиты является спецодежда. Существует большое разнообразие видов спецодежды. При работе используются халат и для защиты кожи рук – перчатки.

В результате исследований сделаны следующие выводы:

Учет указанных условий и мероприятий обеспечивает надежность получения достоверных результатов в процессе организации экспериментальных исследований энергетического характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 **Уткин, В. И.** Газовое дыхание земли, науки о земле. – М., 1997. – 223 с.
- 2 **Тулеубаев, Б. А., Ергешбаева, Н. В.** Исследование процессов миграции радона в почвенной среде. – ж. Вестник ПГУ, сер. энергетическая, 2013. – №2. – С. 253-260.
- 3 **Рыжакова, Н. К., Яковлева, В. С.** Способ определения скорости конвекции почвенных газов. Патент на изобретение № 2239206 от 27.10.04.

Материал поступил в редакцию 16.01.15.

О. Б. Әділ, Н. В. Ергешбаева, Б. Ә. Төлеубаев, М. Х. Хамитов

Радон миграциясы үдерісін зерттеуде жарық пен электротехникалық шаралар және қауіпсіздіктің басқа да жағдайларын есепке алу

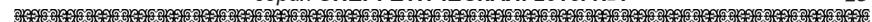
С. Торайғыров ағындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 16.01.15 баспаға түсті.

О. В. Adil, N. V. Ergeshbayeva, B. A. Toleubayev, M. Kh. Khamitov

Accounting of illumination, electrotechnical measures and other safety conditions in the process of studying the migration of radon



S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 16.01.15.

Бұл мақалада авторлар аса қауіпті жағдайда жүргізілер экспериментерді орындаудағы қауіпсіздіктің негізгі талаптарын зерттеу нәтижелер береді.

In this research the authors present results of study of the main safety requirements for particularly hazardous experiments.

УДК 681.51:621.311.22

Ш. М. Байматаева

к.т.н., доцент, кафедра «Информационные технологии», Казахский национальный технический университет имени К. И. Сатпаева, г. Алматы

МОДЕЛЬ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ ДЛЯ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТОРОВ

В статье рассмотрены вопросы исследования модели пароперегревателя тепловых электрических станций для тренажера. Построение модели производится на основе уравнения сохранения. Рассмотренная модель может быть использована для описания переходных процессов по каналам расхода и давления в составе тренажера.

Ключевые слова: модель пароперегревателя, электрические станции, тренажер, уравнение, переходный процесс, канал расхода, давление.

Одним из основных элементов в технологической цепи тепловой станции является парогенератор. Режимы функционирования парогенератора обуславливают регламент функционирования всех последующих агрегатов. Пылеугольные парогенераторы требуют качественные системы автоматизации, так как являются многосвязными системами с широким диапазоном возмущающих воздействий на входе.

Модели парогенерирующего канала представляют собой системы дифференциальных уравнений в частных производных и системы уравнений теплового и материального баланса, описывающие процессы по каналам температуры, давления и расхода в парогенераторе [1, 2]. Системы дифференциальных уравнений, описывающие процессы управления в

агрегатах тепловых станций, имеют в своем составе уравнения, решения которых по временным параметрам существенно отличаются друг от друга.

При моделировании парогенераторов часто отделяют каналы изменения давления и расхода. Физическая модель паропровода включает в себя последовательно соединенные сосредоточенные в точке сопротивление паропровода, его паровую емкость и переменное местное сопротивление регулирующих клапанов и турбины. На стороне входа и выхода паропровод подключен к бесконечно большим емкостям, в которых давление и другие параметры пара не зависят от работы паропровода. Входными параметрами являются давление на входе и выходе из паропровода и степень открытия регулирующего клапана, а выходной величиной – расход пара из паропровода.

Закон изменения давления в парогенерирующей поверхности нагрева при нестационарном режиме находится путем решения уравнений, выражающих материальный и энергетический баланс, и уравнения состояния. Уравнения, описывающие динамику давления и расхода пара в паропроводе, приведены в [3]. Рассматриваемая система уравнений нелинейна, поэтому необходимо провести линеаризацию. Уравнения для отклонений параметров имеют следующий вид:

$$\Delta D_1 - \Delta D = V \frac{d\Delta \rho}{d\tau}, \quad (1)$$

$$\Delta \rho = \left(\frac{\partial \rho}{\partial p} \right)_{p_0} \Delta p + \left(\frac{\partial \rho}{\partial t} \right)_{p_0} \Delta t, \quad (2)$$

$$\Delta p_1 - \Delta p = \frac{2\delta p_1}{D_0} \Delta D_1, \quad (3)$$

$$\Delta p - \Delta p_2 = \frac{2\delta p_2}{D_0} \Delta D + \frac{\xi_{кл}}{\xi_{кл,0}} \Delta \xi_{кл} - \frac{\delta p_2}{\rho_0} \Delta \rho \quad (4)$$

где $\Delta D_1, \Delta D, \Delta \rho, \Delta t, \Delta p_1, \Delta p$ – отклонения от стационарных значений расхода пара на входе и на выходе, плотности, температуры на выходе, давления на входе и на выходе соответственно; V – объем; τ – время, $\xi_{кл}$ – переменная величина, характеризующая степень открытия клапана; $\delta p_1 = p_{10} - p_0$ – сопротивление паропровода в стационарном режиме; $\delta p_2 = p_0 - p_{20}$ – перепад давления на регулирующем клапане в стационарном режиме. В систему уравнений описывающих динамику расхода и давления входят следующие переменные: $D, D, \rho, p, p_1, p_2, \xi_{кл}$. Первые четыре переменных являются функциями и

подлежат определению, а остальные – возмущениями, возникающими на границе рассматриваемой системы. В качестве искомой функции можно выбрать любую зависимую величину, например, давление в паропроводе.

Давление связывается с изменением других параметров и внешних воздействий уравнением движения, которое при пренебрежении инерционным членом имеет вид:

$$\Delta p_1 - \Delta p = \frac{2\delta p_1}{D_{с0}} \Delta D - \frac{\delta p_1}{\rho_0} \Delta \rho \quad (5)$$

где $\delta p_1 = p_{10} - p_0$. Изменение плотности описывается уравнением состояния $\rho = \rho(p, t)$. Будем считать, что динамические процессы протекают при давлении p_1 . Тогда давление за теплообменником

$$\Delta p = \left(1 + \frac{\delta p_1}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial p} \right) \Delta p_1 + \frac{\delta p_1}{\rho_0} \frac{\partial \rho}{\partial t} \Delta t - \frac{2\delta p_1}{D_{с0}} \Delta D_{с} \quad (6)$$

Располагая законами изменения температуры Δt и расхода $\Delta D_{с}$ можно определить разгонные функции давления при соответствующих возмущениях.

Применительно к системе обыкновенных дифференциальных уравнений после проведения линеаризации может быть получена система уравнений вида:

$$T_i \frac{dy_i}{dt} = -y_i + F_i(t, y_1, \dots, y_{i-1}, y_{i+1}, \dots, y_n), \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (7)$$

где t – независимая переменная; y_1, y_2, \dots, y_n – искомые функции; T_1, \dots, T_n – постоянные, определяемые значениями переменных в исходном стационарном режиме; F_1, F_2, \dots, F_n – функции возмущений, соответственно для первого, второго, ..., n -го уравнений. Далее проводится аналитическое решение каждого уравнения линеаризованной системы. В зависимости от предположения постоянные могут быть определены как промежуточные значения на каждом шаге расчета. Для оценки точности применяется решение исходной системы нелинейных дифференциальных уравнений численным методом.

На рисунке приведена реакция системы на скачкообразное возмущение в виде нормированных разгонных функций:

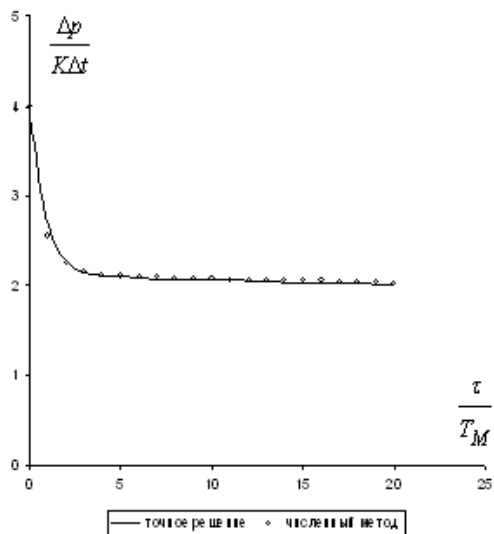


Рисунок 1 – Разгонные кривые давления

Вывод. Рассмотрена модель пароперегревателя для системы подготовки операторов тепловых станций. Модель предполагает использование аналитических решений отдельных линеаризованных дифференциальных уравнений. Оценка точности решения производится с использованием решения исходной системы нелинейных уравнений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Шевьяков, Ю. В., Байматаева, Ш. М.** Программно-технический комплекс (ПТК) для систем подготовки операторов тепловых электростанций// Труды международной научно-практической конференции. – Алматы : КазНТУ, 2008. – С. 409-413.

2 **Байматаева, Ш. М., Шевьяков, Ю. В.** Моделирование тепловых процессов в парогенераторе тренажера для подготовки персонала //Новости науки Казахстана. – Алматы, 2005. – Вып.1. – С. 99-103.

3 **Sholpan, M. Baimatayeva, and Yuriy V. Shevyakov,** “Study of Models for Heating Power Station Operator Training Systems,” Journal of Energy and Power Engineering, vol. 7, No. 1, pp. 162-167, January 2013.

Материал поступил в редакцию 26.01.15.

Ш. М. Байматаева

Операторларды дайындау жүйесі үшін бу ысытқыш үлгісі

Қ. И. Сәтбаев атындағы
Қазақ ұлттық техникалық университеті, Алматы қ.
Материал 26.01.15 баспаға түсті.

Sh. M. Baimatayeva

Vapour superheater model for operators training system

Kazakh National Technical University
named after K. I. Satpayev, Almaty.
Material received on 26.01.15.

Мақалада тренажер үшін жылу электр станцияларының бу ысытқыш үлгісін зерттеу сұрақтары қарастырылған. Үлгіні құру сақталу теңдеулері негізінде жасалады. Қарастырылған үлгі тренажер құрамында шығын және қысым арналары бойынша өтпелі процестерді сипаттау үшін қолданылуы мүмкін.

The article considers the issues of study of a heating power plant vapour superheater model for a simulator. The model is developed based on conservation equation. The considered model can be used for description of transient process in flow and pressure passages of a simulator.

В. А. Бороденко

д.т.н., профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

УСТРОЙСТВО СИСТЕМНОЙ АВТОМАТИКИ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ САМОНАСТРОЙКОЙ В ФУНКЦИИ ИСХОДНОЙ ЗАГРУЗКИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Рассматриваются устройства противоаварийной автоматики энергосистем, используемые на подстанциях с мощными синхронными электродвигателями.

Ключевые слова: системная автоматика, автоматическая самонастройка, исходная нагрузка, устройство, двигатель, энергосистема, подстанция, синхронный электродвигатель.

На подстанциях с мощными синхронными электродвигателями (ЭД) находят применение устройства противоаварийной автоматики (ПА), осуществляющие при потере напряжения от питающего источника выявление аварийного режима, отделение выбегающей нагрузки от неисправного источника и, при возможности, подключение нагрузки на резервный источник [1].

Повышению эффективности такой ПА способствует увеличение точности выявления момента необходимого отключения выбегающей синхронной машины от рабочего источника с учетом реальных параметров ЭД. Теоретически данную проблему могло бы решать устройство [2], которое изначально предназначено для выявления асинхронного хода двух районов энергосистемы и реализует зависимость $\delta + k_1 s + k_2 \delta_0 > \delta_{cp}$. Выбор рабочей граничной траектории здесь осуществляется по величине угла нагрузки δ_0 , характеризующей тяжесть исходного режима.

Однако, при использовании данного устройства для контроля состояния двух секций подстанции с резервируемыми источниками питания и синхронной нагрузкой оно теряет эффективность и способность выбора рабочей граничной траектории. Член уравнения $k_2 \delta_0$ исчезает, так как обязательным условием оперативных переключений ответственных потребителей с одного источника на другой без перерыва питания является синфазность источников в нормальном режиме (возможность параллельной работы секций подстанции) и $\delta_0 = 0$ всегда. В силу этого доаварийный учет тяжести исходного режима (загрузки СД) в упомянутом устройстве, если осуществлять контроль через трансформаторы напряжения секций, невозможен и оно контролирует

единственную граничную траекторию по уравнению $\delta + k_1 s > \delta_{cp}$, что приводит к существенной потере селективности и снижению точности его работы.

Для повышения точности работы выявительных органов на подстанциях с синхронной нагрузкой путем автоматической самонастройки в функции исходной загрузки двигателей разработано устройство противоаварийной автоматики [3], показанное на рисунке 1.

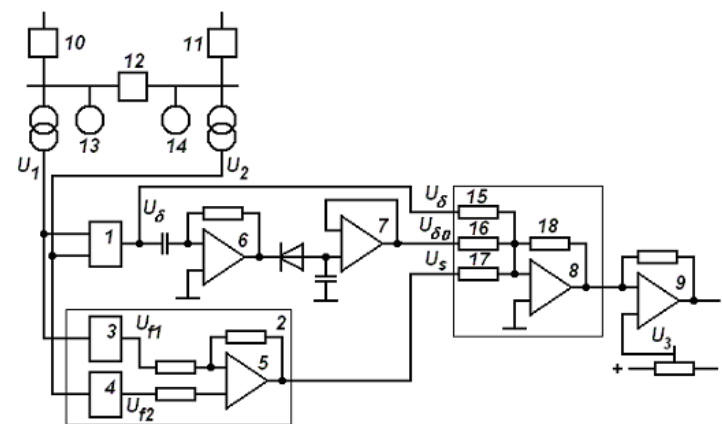


Рисунок 1 – Устройство ПА с автоматической самонастройкой в функции исходной загрузки двигателей

Устройство содержит датчик 1 разности фаз δ напряжений U_1 и U_2 секций подстанции потребителя, датчик 2 разности частот (скольжения) s , преобразователи частота-напряжение 3 и 4, схему 5 сравнения на операционном усилителе (ОУ), дифференцирующую схему 6, пиковый детектор 7 и реагирующий орган в виде сумматора 8 с компаратором 9.

На входе сумматора установлены сопротивления для задания весовых коэффициентов k_1 , k_2 и k_3 входных величин. Компаратор 9 сравнивает сигнал U_c на выходе сумматора с уставкой U_3 , пропорциональной величине заданного угла срабатывания. Входы устройства подключены к первой и второй секциям подстанции с вводными выключателями сети 10 и 11, разделительным выключателем 12, синхронной нагрузкой – синхронными двигателями СД13 и СД14. На входы сумматора 8 через сопротивления R_1 - R_3 (соответственно 15-17) подается напряжение U_δ , пропорциональное текущему значению угла (сдвига фаз напряжений U_1 и U_2), напряжение $U_{\delta 0}$, пропорциональное зафиксированному в момент аварийного возмущения значению угла δ_0 нагрузки синхронной машины, напряжение U_s , пропорциональное текущему значению скольжения s .

Устройство реализует уравнение срабатывания вида

$$\frac{R_1}{R_{oc}} U_\delta + \frac{R_2}{R_{oc}} U_{\delta_0} + \frac{R_3}{R_{oc}} U_s = k_1 U_\delta + k_2 U_{\delta_0} + k_3 U_s = U_c > U_s,$$

где R_{oc} – сопротивление обратной связи 18 сумматора на ОУ.

Характеристика срабатывания устройства по этому уравнению приведена на рисунке 2 для различных значений момента загрузки двигателя m , соответствующих зафиксированным в момент аварии значениям δ_0 .

В нормальном режиме работы объекта вектор ЭДС двигателя СД13 отстает от напряжения секции U_1 на угол δ'_0 , определяемый нагрузкой агрегата. Однако напряжения на входах устройства U_1 и U_2 относительно друг друга синфазны и синхронны, исходный угол δ_0 равен 0, скольжение $s = 0$, напряжения U_δ , U_{δ_0} и U_s равны 0, устройство не действует.

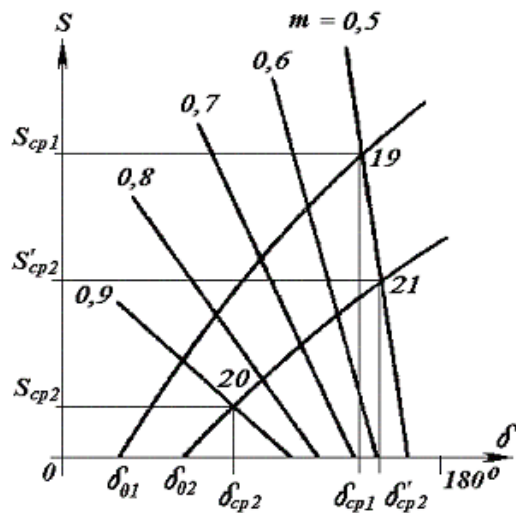


Рисунок 2 – Рабочие характеристики устройства автоматике с самонастройкой

В момент потери связи с питающим источником (прекращения электроснабжения) секции 1 фаза напряжения U_1 смещается скачком от $\delta_0 = 0$ до некоторого значения $\delta_0 = \delta'_0$, соответствующего фазе ЭДС синхронного двигателя СД13 в исходном режиме. Дифференцирующая схема 6 передает этот скачок напряжения U_{δ_0} неискаженным на конденсатор пикового детектора, заряжающийся без выдержки времени. Все последующие изменения текущего значения угла δ происходят с меньшей

скоростью и дифференцирующим звеном не передаются, пиковый детектор сохраняет зафиксированное значение U_{δ_0} . Таким образом, в процессе выбега потерявшего питание двигателя на входы сумматора 8 непрерывно поступают величины текущего значения U_δ , U_s и зафиксированного исходного значения угла нагрузки U_{δ_0} .

Пусть при минимальной доаварийной загрузке СД, например, $m = 0,5$, член уравнения, определяющий тяжесть исходного режима, равен $k_2 U_{\delta_01}$. Тогда для срабатывания устройства необходимо достичь значений остальных параметров $U_s - k_2 U_{\delta_01} = k_1 U_{\delta_01} + k_3 U_{s1}$. Это соответствует уставкам срабатывания по углу и скольжению δ_{cp1} и s_{cp1} (пересечению характеристики выбегающего СД с граничной траекторией $m = 0,5$ в точке 19). Если фактическая доаварийная нагрузка СД больше, например $m = 0,9$, то в момент потери питания фиксируется и большее значение $k_2 U_{\delta_02}$, чем и достигается повышение селективности устройства. В этом случае для срабатывания устройства достаточно достичь значительно меньших величин $U_s - k_2 U_{\delta_02} = k_1 U_{\delta_02} + k_3 U_{s2}$, соответствующих уставкам δ_{cp2} и s_{cp2} , т.е. характеристика выбегающего СД пересечет граничную траекторию $m = 0,9$ в точке 20.

Устройство обладает двусторонним действием, поскольку при потере питания второй секции аналогичным образом, но с изменением знака напряжений U_δ , U_{δ_0} и U_s , формируются характеристики выбега СД14 (см. рисунок 1).

Используемые ранее для подобных целей средства автоматики не позволяли выявлять тяжесть исходного режима синхронных двигателей на подстанции потребителя с автоматической адаптацией характеристик срабатывания. Поэтому ошибка фиксации потери питания СД для заданной характеристики $m = 0,5$ при реальной нагрузке $m = 0,9$ составила бы по скольжению $\Delta s = s'_{cp2} - s_{cp2}$ и по углу $\Delta \delta = \delta'_{cp2} - \delta_{cp2}$ (см. рисунок 2, точка 21).

Предложенное устройство позволяет устранить эту ошибку, точность его работы выше. Выходное воздействие устройства может быть использовано для защиты СД от асинхронного хода после восстановления питания, от потери питания, для пуска системы АВР и ресинхронизации СД, блокировки действия системы АЧР на подстанции с двигателями и т. д. Устройство производит мгновенную оценку тяжести исходного режима непосредственно в момент аварийного возмущения. Для более точного замера угла δ_0 нагрузки СД в момент аварийного возмущения целесообразно выполнение пикового детектора в виде схемы «выборки-хранения» с управляемым ключом на входе.

Экономический эффект от использования устройства достигается за счет того, что своевременное выявление аварийной ситуации позволяет либо предотвратить излишнее действие автоматики с последующим нарушением технологического процесса потребителя, либо намного быстрее принять необходимые меры по разгрузке, самозапуску и ресинхронизации

ответственных СД, исключить ущерб от расстройства технологии производства при кратковременном нарушении электроснабжения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бороденко, В. А.** Повышение эффективности автоматики подстанций с двигательной нагрузкой. Аналитический обзор. [Текст] – Павлодар : ЦНТИ, 2005. – 88 с.

2 **Розенблюм, Ф. М.** Измерительные органы противоаварийной автоматики энергосистем. [Текст] – М. : Энергоиздат, 1981. – 160 с.

3 А. С. 1069066 СССР. Устройство противоаварийной автоматики / В. А. Бороденко; опубл. 23.01.84, Бюл. № 3. – 3 с.: ил.

Материал поступил в редакцию 12.01.15.

V. A. Borodenko

Қозғалтқыштың бастапқы жүктемесіндегі қызметтерде автоматты өзін-өзі баптауы бар жүйелік автоматика құрылғысы

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 12.01.15 баспаға түсті.

V. Borodenko

The device of system automatics with automatic self-adjustment at initial loading of engines

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 12.01.15.

Қуатты синхронды электроқозғалтқышы бар қосалқы бекеттерде қолданылатын энергиялық жүйелердің апатқа қарсы автоматика құрылғылары қарастырылады.

Devices of emergency automatics of power supply systems used at substations with powerful synchronous electric motors are considered.

УДК 621.316.925

В. А. Бороденко

д.т.н., профессор, кафедра «Электротехника и автоматизация», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ РЕЗОНАНСНЫХ ГЕРКОНОВ В ПРОЦЕССЕ ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ

Рассматриваются методы и устройства для быстрой оценки частотных параметров герметизированных контактов.

Ключевые слова: резонансные герконы, процесс производства, эксплуатация, частотные параметры, герметизированные контакты, контакт – детали.

Использование стандартных герконов в нестандартном режиме (при резонансной настройке собственных колебаний контакт-детали на частоту управляющего воздействия) требует применения специальных методов проверки выполнения этих условий. С другой стороны, исследуемый класс герконов (резонансные магнитоуправляемые контакты или РМК) предназначен именно для работы в частотном диапазоне, совпадающем с частотой механических колебаний, и выполнение этого также необходимо проверять.

Отсюда вытекают две задачи идентификации объекта:

– быстрое определение частоты собственных механических колебаний контакт-деталей геркона;

– проверка попадания или непопадания резонансной частоты геркона в рабочий диапазон частот.

В первом случае требуется точное определение значения резонансной частоты, т. е. количественная характеристика, во втором случае достаточно качественная оценка по логическому принципу да-нет (в рабочем диапазоне, вне него) [1]. В зависимости от того, производятся ли подобные операции в полевых условиях (при наладке, монтаже или при текущих проверках), либо осуществляются при выходном контроле продукции в процессе изготовления реле и герконов, поставленные задачи могут решаться неодинаково.

Согласно стандартной методике определения частоты резонанса с выбранным шагом проходят последовательно предполагаемый диапазон нахождения частоты резонанса, увеличивая на каждом шаге ток в испытательной катушке, надетой на геркон, и определяя параметр

срабатывания. Частоту, при которой значение параметра срабатывания оказалось наименьшим, считают частотой собственных колебаний геркона. Пример получаемой при этом характеристики срабатывания показан для геркона типа КЭМ-1 с частотой резонанса 440 Гц (рисунок 1), параметр срабатывания определялся как наименьшее число ампер-витков, при котором наступало замыкание контакт-деталей при подаче тока толчком.

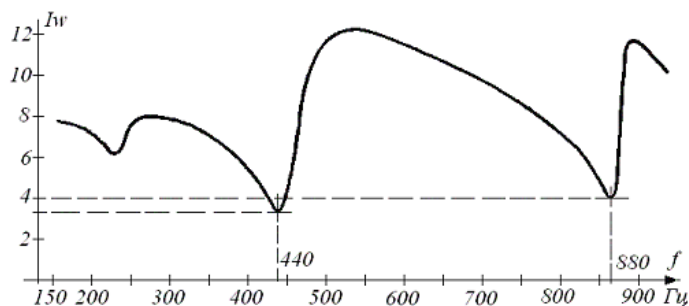


Рисунок 1 – Резонансная характеристика геркона КЭМ-1

Испытания приходится проводить многократно, что ведет к значительным потерям времени, повышению трудоемкости метода, особенно, когда не известно заранее, в каком интервале предположительно находится частота резонанса контактов геркона. Видно, что в областях частот 440 Гц и 880 Гц требуются тщательные дополнительные измерения в связи с близостью результатов между собой. Точность метода зависит от выбранного шага – при слишком большой его величине можно не заметить точку резонанса, в то же время уменьшение шага ведет к повышению числа замеров и трудоемкости способа. Наконец, для испытаний необходим генератор переменной частоты достаточной мощности.

Предложен способ измерения собственной частоты колебаний [2], для реализации которого достаточно иметь обычный источник гармонического сигнала промышленной частоты 50 Гц, соединенный с катушкой управления, и датчик рабочего потока в зоне контактного зазора (измерительная катушка), подключенный к электронно-лучевому осциллографу, например, типа С1-19Б, или другому прибору аналогичного назначения.

По способу увеличивают уровень напряжения на управляющей катушке до тех пор, пока не начнет наблюдаться искажение формы синусоиды на измерительной катушке (рисунок 2, а – для геркона типа КЭМ-2, рисунок 2, б – для геркона КЭМ-1).

Наиболее характерное искажение соответствует началу периодических касаний контакт-деталей, которое может фиксироваться акустически (по

появлению дребезжания контактов), визуально (по осциллографу), или по изменению показаний омметра, включенного в контактную цепь геркона.

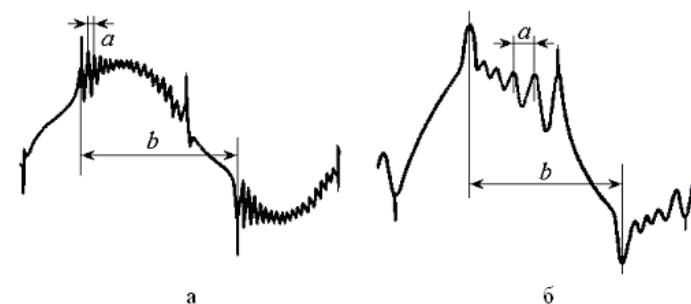


Рисунок 2 – Осциллограммы сигнала на измерительной катушке

Далее непосредственно по экрану осциллографа измеряют период высокочастотной составляющей колебаний рабочего магнитного потока и определяют резонансную частоту как величину, обратную измеренному периоду. Способ основан на том, что при минимальном уровне управляющего воздействия, обеспечивающем кратковременное соударение контактных пластин вблизи вершины полуволны сигнала, последующие затухающие колебания контактов с частотой резонанса производят локальную модуляцию в зоне контактного зазора кривой рабочего потока на ниспадающей части полуволны.

В частности, для испытуемого экземпляра геркона КЭМ-1 измеренные значения были равны: длина периода высокочастотных колебаний $a = 5,2$ мм; длина периода вынуждающего воздействия $b = 43$ мм, частота сигнала $f = 50$ Гц. Из формулы находим резонансную частоту подвижной системы геркона

$$f_0 = \frac{b}{a} f = \frac{43}{5,2} 50 = 411 \text{ Гц.}$$

Если необходимо получить частоту резонанса в с^{-1} , то полученный результат умножается на коэффициент $k = 2$, который учитывает удвоение частоты колебаний контакта при биполярном сигнале.

Для конкретного примера расхождение полученного результата с данными традиционного метода равно 6,4% и вполне удовлетворительно, в то же время число опытов сокращается до одного, исключается необходимость в специальном генераторе сигнала переменной частоты со стабилизированной амплитудой. Главное преимущество метода – не требуется предварительного

знания области, в которой должна находиться частота резонанса подвижной системы геркона.

Покажем пути решения второй задачи, когда требуется просто определить степень совпадения частот собственных колебаний контактов и рабочей частоты периодического сигнала без определения значений этих частот. Предлагаемые способы основаны на том, что в режиме резонанса для начала периодических замыканий контакт-деталей требуется величина вынуждающего воздействия, на порядок меньшая той, что необходима при работе вне резонанса.

При работе герконового реле в резонансном режиме длительности замкнутого состояния контактов t_1 уменьшаются относительно образцовых длительностей t_2 , измеренных на уровне порога срабатывания реле в $k_1 = F_1/F_2$ раз, где F_1 – значение параметра срабатывания герконового реле при произвольной частоте сигнала, F_2 – установившееся значение параметра срабатывания герконового реле вне резонанса (рисунок 3).

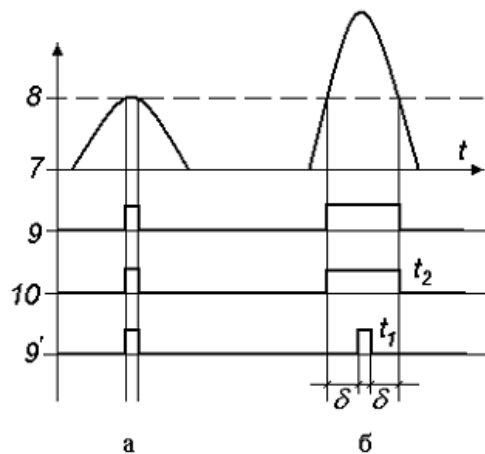


Рисунок 3 – Работа геркона в обычном и резонансном режимах

Кроме того, при испытании герконового реле с очень высокой добротностью на частоте сигнала, близкой к частоте резонанса подвижной контакт-детали, наблюдается непрерывное относительное смещение импульсов t_1 и t_2 во времени вследствие явления биений, поскольку подвижный контакт не синхронизируется с частотой сигнала очень малой амплитуды, а колеблется на собственной частоте ω

$$F_{\delta} = (F_{\delta} + F_{\epsilon}) \sin \frac{\omega - \omega_0}{2} t \cdot \cos \frac{\omega + \omega_0}{2} t.$$

Таким образом, если в момент срабатывания реле установить уровень контроля входного сигнала, равный параметру срабатывания, и продолжать формировать вспомогательные импульсы при превышении сигналом этого уровня, то в случае расхождения во времени фронтов вспомогательных импульсов и импульсов от замыкания контактов реле при плавном увеличении уровня входного сигнала считают измеренное значение параметра срабатывания реле расположенным в области резонансных частот [3].

Дальнейшее усовершенствование способа обеспечивается возможностью его применения в широком диапазоне частот управляющего сигнала без перерасчета заданной длительности рассогласования во времени фронтов формируемых импульсов [4]. Для этого измеряют длительность импульсов по первому электрическому каналу, измеряют длительность импульсов по второму электрическому каналу, определяют отношение второй измеренной величины к первой, и в случае, если полученное отношение превышает единицу, считают измеренное значение параметра срабатывания герконового реле расположенным в области резонансных частот.

Способ реализуется схемой измерения рабочих параметров герконового реле (рисунок 4), которая может использоваться при автоматическом выходном контроле годной продукции в заводских условиях.

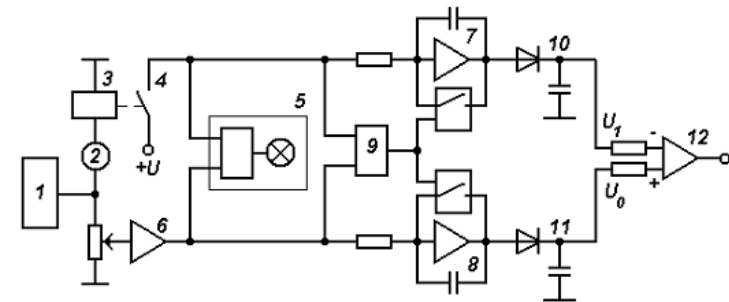


Рисунок 4 – Схема измерения рабочих параметров реле на РМК

Схема содержит типовые элементы: регулируемый блок 1 возбуждения, миллиамперметр 2, обмотку 3 и контакт 4 испытуемого реле, блок 5 индикации, например, выполненный в виде элемента НЕРАВНОЗНАЧНОСТЬ и сигнальной лампы. Импульсы в первом электрическом канале формируются контактом 4 реле, во втором электрическом канале – безынерционным компаратором 6, например типа 521СА1, с регулируемым порогом срабатывания.

В схеме также имеются первый 7 и второй 8 интеграторы (измерители длительности импульса) с разрядными ключами, элемент ИЛИ-НЕ 9, входы

которого соединены с первым и вторым электрическими каналами, а выход – с входами разрядных ключей интеграторов 7 и 8. Выходы последних через амплитудные детекторы 10 и 11 соединены с измерителем отношения, в качестве которого используется компаратор 12.

Реле испытывается следующим образом.

На обмотку 3 герконового реле подают от блока 1 управляющий гармонический сигнал 13 (рисунок 5), плавно увеличивают его амплитуду и фиксируют по миллиамперметру 2 значение порога 14 срабатывания реле (параметр возврата соответствует уровню 15), при достижении которого контактные детали реле начинают замыкаться, что приводит к срабатыванию элемента 5.

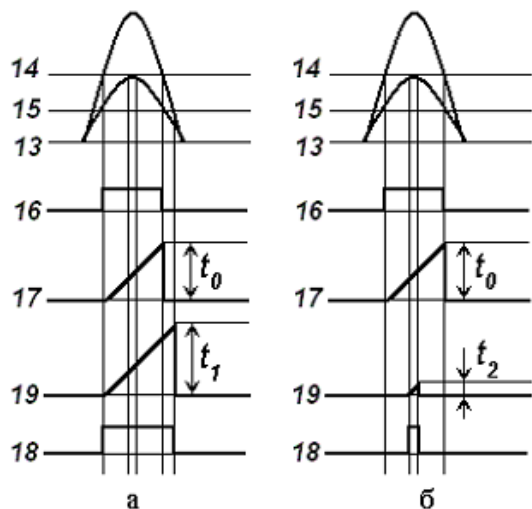


Рисунок 5 – Соотношение длительностей на уровне порога срабатывания реле

С помощью регулирующего элемента устанавливают уровень контроля компаратора 6, равный зафиксированному порогу 14 срабатывания реле, так, чтобы прекращалось срабатывание элемента 5 (длительности импульсов в первом и втором каналах выравниваются).

Компаратор 6 формирует по второму электрическому каналу импульсы 16, их длительность t_0 преобразуется интегратором 8 в напряжение 17, уровень которого U_0 запоминается амплитудным детектором 11. Контакт 4 герконового реле по первому электрическому каналу формируются импульсы 18, их длительность t_1 преобразуется интегратором 7 в напряжение 19, уровень которого U_1 запоминается амплитудным детектором 10. Интеграторы 7 и 8 периодически обнуляются с помощью элемента

ИЛИ-НЕ 9, который срабатывает в периоды отсутствия импульсов по обоим электрическим каналам и открывает разрядные ключи, через которые разряжаются интегрирующие конденсаторы. Компаратор 12 переключается только при условии $U_0 > U_1$, что соответствует отношению $t_0/t_1 > 1$.

Согласно предлагаемому способу продолжают далее увеличивать амплитуду управляющего гармонического сигнала от блока 1 и контролируют с помощью компаратора 12 отношение длительностей импульсов во втором и первом каналах (отношение напряжения U_0 к U_1). При работе вне области резонансных частот (рисунок 5, а) герконового реле с коэффициентом возврата, близким к единице (уровни 14 и 15 совпадают), либо меньшим единицы, соответственно отношение длительностей импульсов $t_0/t_1 \leq 1$. При работе реле в области резонанса (рисунок 5, б) рост длительности импульсов t_2 в первом канале с увеличением амплитуды управляющего гармонического сигнала отстает от темпа роста длительности импульсов во втором электрическом канале, формируемых компаратором 6, поэтому их отношение $t_0/t_2 > 1$ независимо от частоты (периода) управляющего сигнала, на котором производится испытание реле.

Это обеспечивает применение способа в произвольном диапазоне частот сигнала (неизвестном), упрощает применение и дает возможность легко автоматизировать испытания больших партий реле. Кроме того, повышается достоверность способа при испытании герконовых реле с очень высокой добротностью на частоте сигнала, близкой к частоте резонанса подвижного контакта, поскольку исключается влияние на результат испытания относительного смещения во времени формируемых импульсов вследствие явления биений.

Описанный метод можно дополнительно упростить, избежав формирования вспомогательных импульсов. Заметим, что при работе вне резонанса длительность замкнутого состояния контактов реле (и, соответственно, длительность формируемого импульса τ) для гармонического сигнала подчиняется зависимости

$$\tau = \frac{T}{2} - \frac{T \arcsin \frac{I_{cp}}{I_m}}{\pi}$$

Здесь T – период сигнала, I_{cp} – амплитуда срабатывания, I_m – амплитуда сигнала.

Значение коэффициента заполнения импульсов пропорционально среднему значению тока в цепи контактов геркона (рисунок 6, кривая А)

$$k = \frac{2\tau}{T} = \left(1 - 2 \arcsin \frac{I_{сп}}{I_m}\right) / \pi.$$

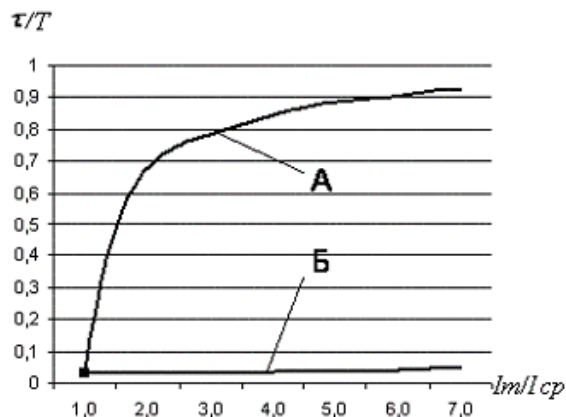


Рисунок 6 – Зависимость скважности импульсов от кратности входного сигнала

Если же испытание осуществляется сигналом, частота которого близка к собственной частоте механических колебаний подвижного контакта геркона, длительность формируемых импульсов и, соответственно, коэффициент заполнения остаются практически неизменными (рисунок 6, кривая Б).

Таким образом, оператору достаточно в момент срабатывания реле (начала периодических замыканий контакт-деталей) зафиксировать показания прибора, включенного в контактную цепь, затем продолжать увеличивать уровень управляющего воздействия (из графика видно, что уже при величине сигнала $2I_{cp}$ характеристики А и Б отличаются по крутизне почти на порядок). Если показания прибора в пределах допустимых погрешностей остаются неизменными, считают, что частота резонанса реле близка к частоте управляющего сигнала [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бороденко, В. А.** Экспресс-анализ колебательных характеристик резонансных контакт-вибраторов [Текст] // Вестник ПГУ, 2004. – № 3. – С. 28-33.

2 А. С. 1035662 СССР. Способ определения резонансной частоты магнитоуправляемого контакта / В. А. Бороденко; опубл. 15.08.83., Бюл. № 30. – 3 с.: ил.

3 А. С. 1136229 СССР. Способ испытания герконового реле / В. А. Бороденко, Г. Н. Бороденко; опубл. 23.01.85., Бюл. № 3. – 3 с.: ил.

4 А. С. 1453470 СССР. Способ испытания герконового реле / В. А. Бороденко, Г. Н. Бороденко; опубл. 23.01.89., Бюл. № 3. – 3 с.: ил.

5 А. С. 1568102 СССР. Способ испытания магнитоуправляемого реле / В. А. Бороденко, Г. Н. Бороденко; опубл. 30.05.90., Бюл. № 20. – 3 с.: ил.

Материал поступил в редакцию 12.01.15.

В. А. Бороденко

Өндіріс және эксплуатация үрдісінде резонансты геркондардың меншікті параметрлерін анықтау

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 12.01.15 баспаға түсті.

V. Borodenko

Definition of the own parameters of resonant reed relays in the course of manufacture and operation

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 12.01.15.

Герметикаланған контактілердің жиіктілік параметрлерін жылдам бағалауға арналған құрылғылар мен әдістер қарастырылады.

Methods and devices for a fast estimation of frequency parameters of reed relays are considered.

В. А. Бороденко

д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ДИАГНОСТИРУЮЩИЙ МОДУЛЬ ДЛЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО УСТРОЙСТВА СИСТЕМНОЙ АВТОМАТИКИ

Рассматриваются средства диагностики состояния устройств противоаварийной автоматики энергосистем.

Ключевые слова: диагностика, универсальное устройство, системная автоматика, противоаварийная автоматика энергосистем, электроэнергия.

Неотъемлемой составной частью процедуры синтеза дискретных устройств противоаварийной автоматики (ПА) является разработка средств их технической диагностики [1], предназначенных для повышения устойчивости функционирования устройств автоматики в процессе текущей эксплуатации. Диагностика состояния позволяет снизить интенсивность потока отказов автоматики. При этом идее ресурсосбережения отвечает создание средств контроля, позволяющих упростить процедуру и сократить время проверки, свести к минимуму вероятность ошибочных действий и уменьшить штат специализированного обслуживающего персонала.

Процедура диагностирования дискретных устройств РЗ и ПА обычно осуществляется аппаратными средствами: либо, как правило, широкого применения, оформленными в виде отдельного комплекта, связываемого с проверяемыми устройствами через элементы сопряжения, либо узкоспециализированными и встроенными в обслуживаемое устройство. Средства первого типа конструктивно сложны, требуют транспортировки к объекту диагноза. В силу их универсальности (многофункциональности) на большинстве предприятий они редко используются в полном объеме. Эти средства обязательно содержат собственный источник питания и специальный источник тестовых воздействий. Для проверки исправности устройства ПА в действующих электроустановках необходим их вывод из работы, т.е. отделение от цепей отключения выключателей и замещение резервным комплектом. В большинстве случаев резервные комплекты на присоединениях не предусматриваются, что требует отключения объекта и ведет к недоотпуску электроэнергии на период проверки. Кроме того,

при данной методике не проверяется целостность цепей отключения выключателей.

Преимуществом встроенных средств диагностики является сокращение времени и трудозатрат на проведение проверки, исключение возможности неверного функционирования или повреждения автоматики вследствие ошибочных действий персонала. Экономические потери здесь вызваны, главным образом, тем, что количество комплектов диагностики должно соответствовать числу аппаратов.

Предложены и исследованы специализированные обособленные средства функциональной диагностики ПА со сравнением сигналов по фазе, сочетающие в определенной мере достоинства обоих рассмотренных принципов [2] и отвечающие принципу открытой архитектуры. Предлагаемый новый подход выгоден экономически, он сокращает длительность взаимодействия средств контроля и диагностируемых устройств, снижает вероятность неверного функционирования или повреждения устройств РЗ и ПА вследствие ошибочных действий персонала.

Сформулированы основные требования к разрабатываемым средствам диагностики этого рода:

- легкость сопряжения с испытуемым устройством;
- контроль общей работоспособности устройства;
- выявление и локализация наиболее характерных неисправностей;
- использование цепей питания испытуемого устройства;
- отсутствие специального источника тестовых воздействий;
- контроль ПА в действующей электроустановке при рабочих воздействиях.

Важным является вопрос методики формирования входных тестовых воздействий для проверки элементов на основе ПЛФ. Характеристики фазосравнивающих схем оценивают, как правило, при помощи статической модели (фазорегулятора), либо на базе динамической модели. В обоих случаях осуществляется одновременное смещение переднего и заднего фронтов одного сигнала относительно заданной точки второго сигнала $\overline{x_1 x_2}$ или $x_1 x_2$, причем при использовании фазорегулятора смещение выполняется вручную, а при использовании двух источников неравной частоты – автоматически. И в том, и в другом случае требуется доставка к месту проверки громоздкого тяжелого оборудования (фазорегулятора, генератора технической частоты, установки для поверки частотного оборудования), что не удовлетворяет сформулированным требованиям к средствам диагностики.

Оптимальным представляется моделирование последовательностей $\overline{x_1 x_2}$ или $x_1 x_2$ их логическим эквивалентом $x_1 D^\downarrow x_2$ или $x_2 D^\downarrow x_1$, который формируется путем сдвига во времени только одного фронта полуволны

одного или обоих рабочих сигналов x_1, x_2 , при фиксации положения во времени второго фронта этого же сигнала. Заметим, что предлагаемый метод формирования испытательных воздействий [3] позволяет диагностировать большинство дискретных времяимпульсных схем сравнения сигналов по амплитуде или фазе.

Дополнительное сокращение потерь времени на диагностику состояния может быть обеспечено проверкой устройства РЗ и ПА без вывода его из работы, без оперативных переключений и демонтажа каких-либо цепей, по предложенной в [4] схеме контроля.

На основе поставленных требований синтезирован диагностирующий модуль ДМ для последовательного органа ПА, представляющего собой по построению дискретный автомат с симметричной логической структурой средней сложности. Выбор контролируемых точек устройства производился последовательным разбиением алгоритма функционирования.

$$Q_1 = \overline{x_2} \wedge \underbrace{\overbrace{(x_1 x_2)}^{x_6} D_3^\uparrow D_4^\downarrow}_{x_3 x_4} \overbrace{(x_1 x_2) D_3^\uparrow D_4^\downarrow}^{x_5}.$$

Отобраны точки адресации контрольных воздействий x_1 и x_2 , точки настройки уровня срабатывания входных формирователей импульсов x_3 и x_4 , точки контроля правильности функционирования первой схемы И x_5 и x_6 , точки выявления управляющих реакций устройства x_7 и x_8 . Введен блокирующий сигнал x_{21} , выполняющий две функции: задание момента переключения выключателей питания по условию синфазного включения двигателей и проверка состояния устройства без его вывода из работы.

Сигналом x_{21} , запоминающим первое срабатывание исполнительной части, блокируется действие пускового органа (ПО) на отключение выключателя при проверке в действующей электроустановке

$$x_{21} = x_7 + x_8 + x_5 x_6 x_{21}.$$

Реализация диагностирующего модуля для универсального централизованного устройства ПА осуществлялась с использованием принципа открытой архитектуры на базе ПЛИС (рисунок 1).

Узел формирования тестовых воздействий включает коммутирующие элементы – кнопки S_1, S_2 и цепи задержки $R_1 C_1, R_2 C_2$. Подключением цепей задержки к входным пороговым элементам моделируют отставание по фазе напряжения первого источника (контакт S_1), второго источника (контакт S_2) и переход величины фазового сдвига через 180° (S_1 и S_2). При этом порядок

изменения знака фазового сдвига определяется последовательностью замыкания кнопок S_1 и S_2 .

Светодиоды V_2, V_4 , подключенные к выходу элементов с открытым коллектором OPNDRN, индицируют наличие сигналов x_5, x_6 , а V_1, V_3 – порог включения входных формирователей импульсов. Асинхронные триггеры на элементах И-НЕ 8-9 и 10-11 позволяют производить контроль работоспособности устройства без его вывода из действующей схемы и отключения выключателя. Входы X_7, X_8 связаны с исполнительными реле обоих каналов устройства, входы X_5, X_6 – с его логической частью. Выход X_{21} соединяется с блокирующим входом исполнительной части пускового органа. С целью уменьшения общего числа элементов индикации выходы триггеров совмещены с входами элементов И 12 и 14, выполняющих также функции контроля уровня включения входных формирователей импульсов по точкам X_3, X_4 .

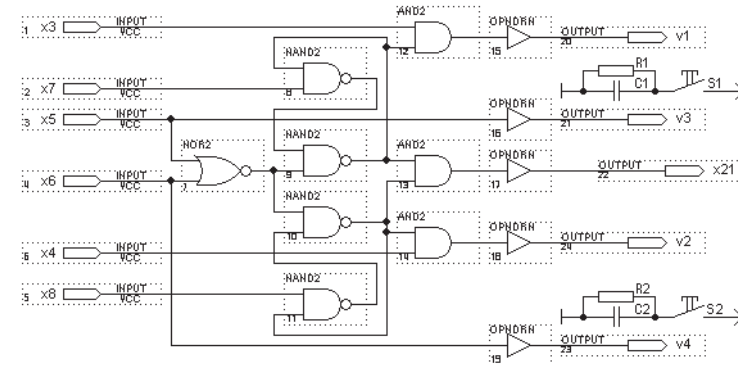


Рисунок 1 – Принципиальная схема диагностирующего модуля

Контроль правильности функционирования устройства осуществляется сравнением индицируемых сигналов с таблицей 1 различных состояний. Здесь «1» и «0» указывают соответственно на включенное и отключенное состояние светодиодов. Из таблицы видно, что возможные режимы работы устройства различаются между собой состоянием хотя бы одного элемента индикации; отсутствие индикации при рабочей совокупности воздействий однозначно говорит об отклонении от нормального режима. Несоответствие индицируемых сигналов тест-таблице при заданном наборе входных воздействий указывает на наличие неисправности, а неадекватный сигнал светодиода позволяет локализовать характер неисправности.

В сравнении со средствами широкого применения (универсальными) стоимость ДМ существенно ниже за счет меньшей избыточности, отсутствия

собственных источников питания и тестовых воздействий. Время контроля практически эквивалентно затратам для встроенных средств диагностики, так как подключение модуля к испытываемому устройству с помощью разъема и отключение от него занимают 2-5 с. Кратковременность сопряжения ДМ с проверяемым устройством снижает влияние неисправности самого модуля на общую надежность электроснабжения [5]. При соответствии функционирования устройства ПА заданному логическому выражению процедура тестирования, включая демонтаж и монтаж кожуха устройства автоматики, длится не более 1,5 минут, по сложности она доступна персоналу любой квалификации.

Таблица 1 – Таблица состояний проверяемого устройства

| Характер воздействий | Индикация | | | | Состояние устройства |
|---------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------------------------|
| | V ₁ | V ₂ | V ₃ | V ₄ | |
| рабочие | 0 | 0 | 0 | 0 | отсутствует питание |
| рабочие | 0 | 1 | 1 | 1 | нет входного сигнала U ₁ |
| рабочие | 1 | 0 | 1 | 1 | нет входного сигнала U ₂ |
| рабочие | 1 | 1 | 1 | 1 | нормальный режим |
| S1 ($x_1 D^+$) x_2 | 1 | 1 | 0 | 1 | исправен канал 1 |
| S1, S2 ($\overline{x_5 x_6}$) | 0 | 1 | 0 | 0 | срабатывание по выходу 1 |
| S2 ($x_2 D^+$) x_1 | 1 | 1 | 1 | 0 | исправен канал 2 |
| S2, S1 ($x_5 \overline{x_6}$) | 1 | 0 | 0 | 0 | срабатывание по выходу 2 |

Распространяя принципы перепрограммирования логической части, заявленные для синтеза органов ПА, и на устройства диагностики, скажем, что в аппаратной части ДМ достаточно иметь стандартный набор светодиодов (знакосинтезирующий индикатор) и коммутирующих элементов, а логическая схема, содержащая программу проверки, может перепрошиваться неоднократно. При этом, если в структуре самого устройства ПА предусмотрено подключение такого модуля, то регулярная перепрошивка позволяет использовать один и тот же модуль диагностики для контроля разных устройств автоматики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Бороденко, В. А.** Функциональная диагностика дискретных устройств противоаварийной автоматики [Текст] // Диагностика неисправностей устройств релейной защиты и автоматики электрических систем. – Жданов : изд-во ЖМИ. – 1982. – С. 90-92.

2 **Бороденко, В. А.** Функциональная диагностика дискретных устройств автоматики энергосистем [Текст] // Вестник ПГУ, 2004. – № 4. – С. 95-103.

3 **Бороденко, В. А.** Формирование контрольных воздействий в процедуре диагноза дискретных схем сравнения. [Текст] – Павлодар : ПЦНТИ, ИЛ 40-80, серия 11Б-22, 1980. – 4 с.

4 А. С. 826484 СССР. Устройство для проверки исправности дискретного автомата / В. А. Бороденко; опубл. 30.04.81, Бюл. № 16. – 3 с.: ил.

5 **Бороденко, В. А.** Контроль работоспособности противоаварийной автоматики в действующей электроустановке [Текст] // Серия : Эксплуатация, ремонт и защита от коррозии оборудования. – М. : НИИТЭХИМ. – 1981. – вып. 6. – С. 1-4.

Материал поступил в редакцию 12.01.15.

В. А. Бороденко

Жүйелік автоматиканың әмбебап құрылғысына арналған диагностикалаушы модуль

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 12.01.15 баспаға түсті.

V. Borodenko

The diagnosing module for the universal device of system automatics

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 12.01.15.

Энергия жүйелерінің апатқа қарсы автоматика құрылғыларының жағдайын диагностикалау құралдары қарастырылады.

Diagnostic aids of the condition of the emergency devices of power supply systems are considered.

Н. К. Дроздова

ст. преподаватель, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ЧРЕЗВЫЧАЙНЫЕ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННЫЕ ВЫХОДОМ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Источники радиационной опасности и их воздействие на организм человека и окружающую среду.

Ключевые слова: радиация, очаги, загрязнения, радиология, ядерные объекты.

Слово «радиация» родилось и вошло в жизнь человечества в связи с первым страшным применением ядерного оружия – бомбардировками японских городов Хиросима и Нагасаки в 1945 году [2].

Новый толчок к усилению внимания к проблеме дала авария на Чернобыльской АЭС 26 апреля 1986 года [2].

Дозовая нагрузка, которую получило население, превысила 100 тыс. человеко-зевертов, а численность населения, подвергшегося воздействию радиации, составила более 4 млн. человек. При этом основную дозовую нагрузку получили более 600 тысяч ликвидаторов [2].

Но лишь в 1991 году было открыто, сказано на заседании президиума Академии медицинских наук в Киеве, что локальные очаги загрязнения разбросаны по большей части европейской территории бывшего СССР и Закавказья [1].

Загрязненные радиоактивными веществами продукты питания могут распространяться практически по всей территории, и такое положение будет сохраняться длительное время.

Чернобыльская авария вызвала взрыв обостренного интереса к проблеме радиационного облучения, воздействия радиации на живые организмы и в первую очередь на человека. Знание сущности радиации и радиологии – необходимый элемент современной цивилизации и культуры, необходимость объективно оценить последствия произошедшей аварии на ядерном объекте независимо от ее размеров и масштабов, а также снизить число ошибок в действиях работников в послеаварийной ситуации.

Радиация – это все виды электромагнитного излучения: свет, радиоволны, энергия солнца и множество иных излучений вокруг нас [1].

Источниками проникающей радиации, создающими природный фон облучения, являются галактическое и солнечное излучение, наличие

радиоактивных элементов в почве, воздуха и материалах, используемых в хозяйственной деятельности, а также изотопов, главным образом, калия, в тканях живого организма [3].

Одним из наиболее весомых естественных источников радиации является радон – газ, не имеющий вкуса и запаха [1].

Ионизирующая радиация, которая, проходя сквозь ткани и клетки живых организмов, способна передавать им свою энергию, разрывая химические связи внутри молекул и вызывая серьезные изменения в их структуре. Ионизирующее излучение возникает при радиоактивном распаде, ядерных превращениях, торможении заряженных частиц в веществе и образует при взаимодействии со средой ионы разных знаков [1].

Все ионизирующие излучения делятся на фотонные и корпускулярные. К фотонному ионизирующему излучению относятся: гамма-излучение, рентгеновское излучение, корпускулярное ионизирующее излучение состоит из потока заряженных частиц (альфа, – бета-частиц, протонов, электронов), кинетическая энергия которых достаточна для ионизации атомов при столкновении [1].

Главная причина опасности – радиационная авария – это потеря управления источником ионизирующего излучения, вызванная неисправностью оборудования, неправильными действиями персонала, стихийными бедствиями или иными причинами, которые могли привести или привели к облучению людей выше установленных норм или к радиоактивному загрязнению окружающей среды [1].

При авариях, вызванных разрушением корпуса реактора, выбрасываются: фрагменты активной зоны, топливо (отходы) в виде высокоактивной пыли, лавы, состоящие из двуокиси кремния, а также расплавленный в результате соприкосновения с горячим топливом – бетон.

Большой вред наносят предприятия по разработке месторождений и обогащению урана [4].

Участились случаи кражи ядерных материалов, а также угрозы вывода из строя ядерных предприятий, кораблей с ядерными установками и АЭС.

Не исключены случаи испытания ядерного оружия.

В энергетических реакторах типа ВВЭР-440, работающих на полной мощности, ежесекундно происходит 1018 – 1019 делений ядер урана 235 [4].

Даже после остановки реактор продолжает оставаться мощным источником радиационной опасности. В случае выхода фильтров из строя выбросы в атмосферу могут быть значительными во время работы реактора [4].

Ядерные реакторы (как источник энергии) на космических объектах. Наибольшую опасность представляют реакторы, работающие на стронции 90.

Вызывают опасности и медицинское применение рентгеновских лучей, стерилизация продуктов питания, предпосевная обработка семян

для стимулирования их развития и некоторые бытовые приборы. Это люминесцентные лампы, собранные в большом количестве на свалках светящиеся циферблаты часов и т.д. [4].

Опасностями являются использование ионизирующих излучений или радионуклидов в криминалистике, искусствоведении; предприятия по переработке радиоактивных отходов и установки для регенерации атомного топлива, транспортировка радиоактивных отходов к местам переработки и захоронения; нелегальный ввод радиоактивных отходов, хранение радиоактивных отходов, места захоронения ядерных отходов, аварийные «могильники». Существует 2 пути, по которым излучение проникает в ткани организма и воздействует на них:

Первый путь – внешнее облучение от источника, расположенного вне организма (рентгеновское излучение).

Второй путь – внутреннее облучение, вызванное попаданием радиоактивных веществ внутрь организма следующими способами: с пищей и водой (много их в молоке), через повреждения и порезы на коже, через легкие при вдыхании. Внутреннее облучение является более опасным, а его последствия более тяжелыми.

В результате воздействия энергии радиационного излучения в клетках происходят изменения генетического материала, угрожающие их жизнеспособности.

Ученые пришли к выводу, что безопасного уровня радиации не существует.

При получении высоких доз облучения человек заболевает лучевой болезнью. В зависимости от дозы и времени облучения наблюдаются 3 степени заболевания: острая, подострая и хроническая [2].

В очагах поражения возникает острая лучевая болезнь (ОЛБ). Различают 4 степени ОЛБ:

- 1) легкая – 100-200 рад (1 рентген равен 1 раду);
- 2) средняя – 200-400 рад;
- 3) тяжелая – 400-600 рад;
- 4) крайне тяжелая (более 600 рад).

Восстановление организма после облучения – процесс сложный и протекает он неравномерно. На длительность этого процесса оказывают влияние не только радиационные, но и психогенные, социально-бытовые, профессиональные и другие факторы пострадиационного периода [3].

Способность защиты от облучения: эвакуация, укрытие в защитных сооружениях, использование средств индивидуальной защиты [1].

Общие принципы защиты, которые необходимо знать, включают в себя время, расстояние и наличие экрана – т.е. защита экранированием [3].

В завершении процитирую одно из мудрых высказываний старых курчатовцев, не одно десятилетие копивших опыт работы с радиоактивными

веществами: «излучения не нужно бояться, но следует относиться к нему с уважением» [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Прохоров, В. В. Экология человека. Понятийно-терминологический словарь. – Москва, 2004. – С. 3-265.
- 2 Радиация, дозы, эффекты, риск. – Москва : Мир, 2008. – С.16-96.
- 3 Хоружая, Т.А . Методы оценки экологической опасности. – Москва : ЭВМ-Контур, 2008. – С. 25-186.
- 4 Ревелль, П., Ревелль, Ч. Среда нашего обитания. – Москва : Мир, 2005. – С. 45-256.

Материал поступил в редакцию 02.02.15.

Н. К. Дроздова

Радиоактивті заттардың шығуымен байланысты төтенше жағдайлар

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 02.02.15 баспаға түсті.

N. Drozdova

Emergency situations caused by release of radioactive substances

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 02.02.15.

Радиациялық қауіп көздері және олардың адам ағзасы мен қоршаған ортаға әсері.

Sources of radiation hazards and their effects on the human body and the environment are considered in the research.

**А. К. Жунусов¹, Н. К. Кулумбаев², Л. Б. Толымбекова³,
С. С. Спанов⁴**

¹к.т.н., ассоциированный профессор (доцент), кафедра «Металлургия»;
²магистр, доцент, кафедра «Металлургия», Павлодарский государственный университет имени С.Торайгырова, г. Павлодар; ³к.т.н., ст. преподаватель, кафедра «Энергетика и металлургия», Инновационный Евразийский университет; ⁴старший мастер-технолог плавильного цеха № 2, АО KSP «Steel», г. Павлодар

ИССЛЕДОВАНИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ Г. ПАВЛОДАРА

В данной статье приводятся результаты исследования получения окатышей из аспирационной пыли сталеплавильного завода АО KSP «Steel». Окатыши производились с аспирационной пылью и в смеси со сталеплавильным (белым) шлаком, железистым песком, окалиной. Полученные окатыши проходили стадию обжига при температуре 1000 °С в печи и определялись на прочность. Опыт с использованием 20 % белого шлака, 20 % железистых песков в смеси с аспирационной пылью и 10 % прокатной окалины показывает после обжига в печи вполне удовлетворительную прочность, которая равна 36 кг/окатыш.

Ключевые слова: аспирационная пыль, окатыши, железистый песок, шлак, окомкование.

В данное время на металлургических заводах скапливается большое количество некондиционного сырья. К такому некондиционному сырью относятся пыли с аспирационных установок, колошниковая пыль, отсеvy рудных материалов, т.е. мелкая фракция менее 5 мм. Использование мелкой фракции в технологическом процессе производства металлов усложняется из-за их размеров, так как значительная часть используемой мелочи выносятся тягодутьевым режимом агрегатов и оседает в пылеуловителях. Полное усвоение пылевой шихты печами возможно только при условии ее предварительного окускования. В ряде металлургических предприятий такие отходы используют при производстве агломерата, окатышей, брикетов [1-2]. На Аксуском заводе ферросплавов такой проблемы нет, так как с 2010 года действует агломерационный цех. И практически вся образованная мелочь используется при производстве агломерата.

На сталеплавильном заводе АО KSP «Steel» (г. Павлодар) задача по утилизации собственных отходов не решена и является актуальной. На заводе скапливается большое количество аспирационной пыли, металлургических шлаков, окалины. Аспирационная пыль представляет научный интерес из-за большого количества в нем оксида железа. В связи с данными научными вопросами на первых этапах исследования нами были отобраны пробы пыли с аспирации бункерных эстакад цеха № 2 АО KSP «Steel» для проведения опытов по получению окатышей. Химический состав пыли представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Химический состав аспирационной пыли, %

| Fe _{общ} | FeO | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | MnO | Al ₂ O ₃ | MgO | CaO | S | P | C |
|-------------------|-------|--------------------------------|------------------|-----|--------------------------------|-----|------|------|------|-----|
| 48,6 | 19,76 | 47,5 | 6,9 | 2,2 | 3,1 | 2,1 | 11,0 | 0,16 | 0,11 | 8,2 |

После отбора проб на исследование был выполнен ситовый анализ аспирационной пыли (таблица 2). Неблагоприятное влияние на окомкование оказывает фракция 0,1 – 1,6 мм [1]. Исследуемый материал в этот диапазон не попадает.

Процесс изготовления окатышей состоял из двух основных последовательных операций – получения сырых окатышей и последующего упрочнения их высокотемпературным обжигом. Сырые окатыши получали из увлажненной аспирационной пыли во вращающемся тарельчатом окомкователе, диаметром тарели 1000 мм установленного в лаборатории кафедры «Металлургия» Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. Ось вращения тарельчатого окомкователя наклонена к вершине на 30-55°. Число оборотов тарельчатого окомкователя равна 16 об/мин.

В качестве связующей добавки использовали раствор воды с жидким стеклом в соотношении 2:1.

Первый опыт – в качестве сырья использовали только аспирационную пыль, режим окатыwania проходил в нормальном технологическом режиме. Количество образованных шариков 100 % от общей заданной массы сырья. Образованная фракция +5 мм – 54 %, остальное фракция – 5 мм. Прочность сырых окатышей при сбрасывании с высоты 300 мм, по методике [2, с. 240] равнялось 5 сбрасывании. Полученные окатыши обжигались в печи при температуре 600 °С. Окатыши после обжига были не достаточно прочными, при сбрасывании с высоты 1 м рассыпались при третьем сбросе.

Второй опыт – в качестве сырья использовали 20 % белого шлака в смеси с аспирационной пылью. Это шлаки, сформировавшиеся в конце плавки (конечные шлаки). Эти шлаки содержат незначительное количество железа. В дуговых электропечах при проведении восстановительного периода под

белым шлаком содержание оксидов железа снижается до <1 %, содержание СаО возрастает до 55-60 %. Данные шлаки из-за большого содержания СаО имеют структуру рассыпания. Эти шлаки также не находят применения на заводе. Хотя по химическому составу данные шлаки соответствуют для использования их в производстве цемента. Химический состав белых шлаков приведен в таблице 2. Сырые окатыши подвергались естественной сушке и обжигу в печи при 850 °С.

Таблица 2 – Химический состав белых шлаков

| Fe _{общ} | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | MnO | S | Осн. |
|-------------------|------------------|--------------------------------|------|-----|-----|------|------|
| 2,2 | 21,3 | 2,4 | 55,8 | 4,6 | 0,7 | 0,96 | 2,6 |

Третий опыт – использовали 20 % белого шлака, 20 % железистых песков в смеси с аспирационной пылью. Железистые пески – отходы глиноземного производства (Павлодарский алюминиевый завод), образованные в процессе выщелачивания бокситов. По гранулометрическому составу железистые пески не соответствуют режиму окомкования, поэтому их используем в смеси. С данным материалом нами проведены работы по получению железорудного агломерата [3-4]. Химический состав железистых песков приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Химический состав железистых песков

| Fe ₂ O ₃ | Al ₂ O ₃ | CaO | SiO ₂ | TiO | CO ₂ | Na ₂ O | SO ₃ |
|--------------------------------|--------------------------------|---------|------------------|---------|-----------------|-------------------|-----------------|
| 55-60 | 17-20 | 4,5-5,7 | 6,2-8,2 | 2,0-3,0 | 9,0-12,0 | 0,5-0,8 | 2,2-3,0 |

Четвертый опыт – в качестве шихты использовали 20 % белого шлака, 20 % железистых песков в смеси с аспирационной пылью и 10 % прокатной окалины. После обжига при температуре 1000 °С прочность обожженных окатышей составила 36 кг/окатыш, что вполне удовлетворяет требованиям электроплавки в соответствии с техническими условиями.

Таким образом, можно констатировать о целесообразности отработки технологии производства окатышей из отходов сталеплавильного производства АО KSP «Steel». Образующиеся мелкодисперсные материалы на данном заводе следует использовать в смеси с различными отходами металлургических производств г. Павлодара. К примеру, опыт с использованием 20 % белого шлака, 20 % железистых песков в смеси с аспирационной пылью и 10 % прокатной окалины показывает после обжига в печи вполне удовлетворительную прочность для использования в электропечах. Полученные окатыши можно использовать как в сталеплавильном, так и в ферросплавном производстве, в качестве добавок либо частичной замене металлической стружки или рудного материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Коротич, В. И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке. – М. : Металлургия, 1978. – 208 с.
- 2 Вегман, Е. Ф. Окускование руд и концентратов. – М. : Металлургия, 1984. – 256 с.
- 3 Жунусов, А. К., Байсанов, С. О. Возможное использование отходов глиноземного производства в черной металлургии // Сб. докладов по материалам IV межд. науч.практ.конф. «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия промышленных регионов России». – Новокузнецк, 2012. – С. 198-200.
- 4 Жунусов, А. К., Байсанов, С. О., Жунусова, А. К. Переработка красных шламов Павлодарского Алюминиевого завода // Сб. докл. по материалам Межд. науч.практ.конф. «Проблемы и перспективы горно-металлургической отрасли: теория и практика». – Караганды, 2013. – С. 343-346.

Материал поступил в редакцию 30.01.15.

А. Қ. Жұнісов¹, Н. Қ. Құлұмбаев¹, Л. В. Толымбекова², С. С. Спанов³

Павлодар қ. металлургиялық өндірістің қалдықтарын қайта өңдеуді зерттеу

¹С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.;

²Инновациялық Еуразия университеті, Павлодар қ.

³АҚ KSP «Steel», Павлодар қ.

Материал 30.01.15 баспаға түсті.

A. K. Zhunussov¹, N. K. Kulumbaev¹, L. B. Tolymbekova², S. S. Spanov³

Research of metallurgical wastes processing in Pavlodar

¹S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

²Innovative University of Eurasia, Pavlodar;

³JSC KSP «Steel», Pavlodar.

Material received on 30.01.15.

Бұл мақалада АҚ KSP «Steel» болатқорыту зауытының аспирациялық шаңнан түйіршіктерді алудың зерттеу нәтижесі көрсетілген. Түйіршіктер аспирациялық шаңмен және болатбалқымасы (ақ) қож, темірлі құм, отқабыршақ қоспаларымен өндірілген. Алынған түйіршіктер 1000 °С температуралы пеште күйдіру кезеңдерінен отумен беріктікке анықталды. Тәжірибе

20 % ақ қож, 20 % темірлі құм, аспирациялық шанның қоспасын және 10 % илемнің отқабырышағын қоланумен пеште күйдірілгеннен кейін 36 кг/түйіршікке тең болып, толық қанағаттанарлық беріктікті көрсетті.

This article presents the studies results of pellets produce from JSC KSP «Steel» plant aspiration dust. The pellets were made from the aspiration dust mixed with a steel-making (white) slag, ferrous sand and dross. The resulting pellets were burned at 1000 °C in a furnace and their strength was determined. The experiment with 20 % of white slag, 20 % iron sands mixed with dust suction and 10 % of the mill dross displays quite satisfactory durability, after calcination in the furnace, which is equal to 36 kg/pellet.

УДК 621.365.5

Е. И. Захарова¹, О. А. Науман², И. В. Захаров³

¹магистрант; ²начальник отдела информатизации управления вузом; ³д.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТОКА В ПЛОСКОМ ИНДУКЦИОННОМ НАГРЕВАТЕЛЕ С ЕМКОСТНОЙ СВЯЗЬЮ

Представлена методика расчета плоского индукционного нагревателя с емкостной связью на основе методов теории электротехники и программа компьютерного расчета данных устройств REZCUR.

Ключевые слова: плоский индуктор, емкостная связь, электрический контур.

Энергосбережение является одной из самых серьезных задач на современном этапе. Требуемые для развития отраслей энергоресурсы можно получить не только за счет увеличения добычи сырья в труднодоступных районах и строительства новых энергетических объектов, но уменьшением затрат за счёт энергосбережения.

В электроэнергетике актуальна проблема снижения как активной, так и реактивной мощности.

Проблема снижения реактивной мощности электротехнических нагревательных устройств возможна за счет совмещения свойств электрического нагрева и повышения естественного $\cos \varphi$ установки. Примером такого совмещения может служить плоский индуктор с емкостной связью [1], позволяющий отказаться от средств искусственной компенсации, составляющих до трети индукционной установки в целом.

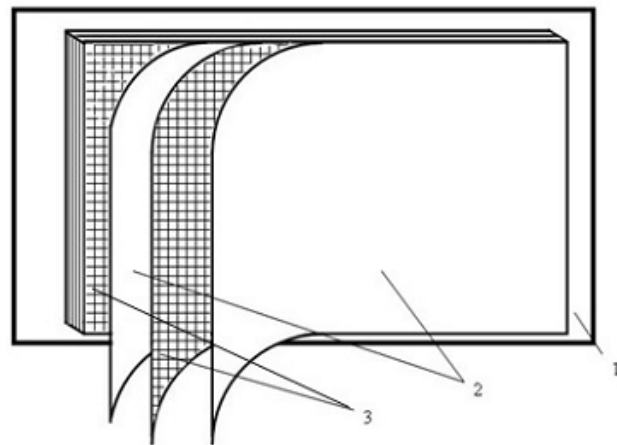


Рисунок 1 – Эскиз системы «плоский индукционный нагреватель с емкостной связью – нагреваемая поверхность»: 1 – нагреваемая поверхность; 2 – разноименные проводниковые ленты; 3 – диэлектрические ленты

Конструктивно пакет нагревателя состоит из n -ного количества проводниковых лент, изолированных диэлектриком (рисунок 1).

В частном случае два проводника одной полярности соединены между собой и между ними размещен третий проводник противоположной полярности. Проводники изолированы друг от друга слоем диэлектриком. Ток в системе замкнут, т.к. ток смещения в диэлектрике является продолжением тока проводимости в проводниках.

При этом, токи в ленточных проводниках имеют одинаковое направление, а магнитные поля, создаваемые этими токами, складываются. Интенсивность суммарного магнитного поля зависит от числа витков и тока индуктора, и выбирается исходя из активной мощности, требуемой для нагрева загрузки (рисунок 2).

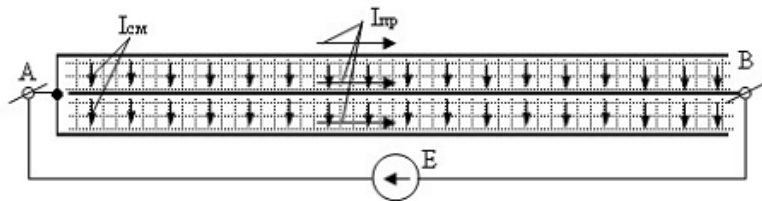


Рисунок 2 – Принципиальная упрощенная схема устройства

Целью расчета является получение значения токов (в нашем случае – I_1, I_2, I_3) в проводниках пакета устройства, электрическая схема замещения которого представлена на рисунке 3. Анализ показал, что в наиболее эффективным будет получение итогового результат методом контурных токов.

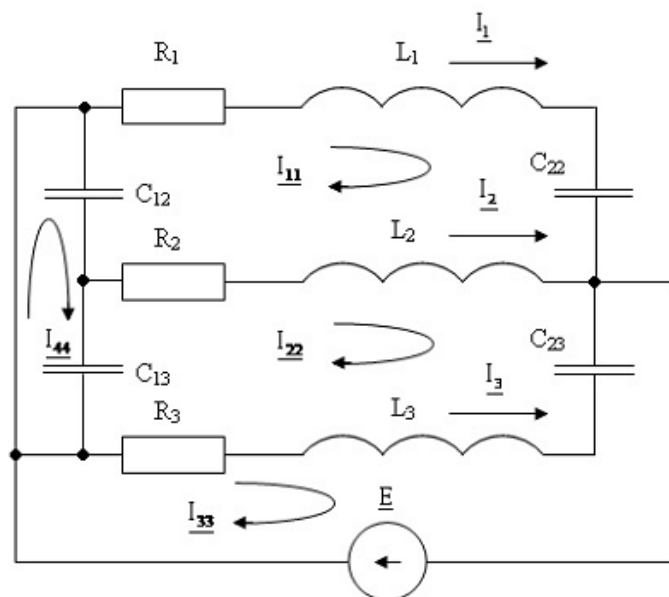


Рисунок 3 – Электрическая схема замещения устройства

Задаемся направлением токов ветвей и обозначаем их на схеме. Произвольно выбираем направление действительных токов в прооводниках (I_1, I_2, I_3). Затем выделяем четыре контура и указываем направление контурных токов $I_{11}, I_{22}, I_{33}, I_{44}$. Направление контурных токов принимаем по часовой стрелке. Далее определяем собственные и взаимные сопротивления элементов схемы. Расчеты проводим по известным [2,3] формулам.

При расчете индуктивности обмотки необходимо учитывать, что плотность тока в аксиальном направлении уменьшается от места ввода тока к периферии, т.е. $j_a = f(x)$. Таким образом, индуктивность плоской секции L_1, Γ_n , можно считать эквивалентной проводнику прямоугольного сечения, имеющего те же размеры, что и секция и рассчитать по формуле [2]

$$L_1 = \frac{\mu_0 \cdot l}{2 \cdot \pi} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot l}{b + h} + 0,5 + 0,223 \frac{b + h}{l} \right), \quad (1.1)$$

где l – длина секции, см;
 h – высота секции, см;
 b – толщина секции, см.

Так как все проводники секции индуктора работают в электромагнитном поле, созданном током индуктора, то взаимное влияние этих проводников друг на друга определится как взаимная индуктивность двух одинаковых прямоугольников с параллельными сторонами

$$M = \frac{\mu_0}{\pi} \cdot \left[1 \cdot \ln \left(\frac{1 + d_1}{1 + D} \cdot \frac{d_2}{x} \right) + h \cdot \ln \left(\frac{h + d_2}{h + D} \cdot \frac{d_1}{x} \right) + 2 \cdot (D - d_1 - d_2 + \delta) \right], \quad (1.2)$$

где δ – толщина диэлектрика, см.

$$d_1 = \sqrt{l^2 + \delta^2}, \quad (1.3)$$

$$d_2 = \sqrt{h^2 + \delta^2}, \quad (1.4)$$

$$D = \sqrt{l^2 + h^2 + \delta^2} \quad (1.5)$$

Собственная емкость секции индуктора C_1 , пФ, рассчитывается по формуле [3] для плоской многослойной секции, собранной из N проводников, соединенных через один параллельно

$$C_1 = \frac{0,0884 \cdot \varepsilon \cdot h \cdot l \cdot (N - 1)}{\delta}, \quad (1.6)$$

Активное сопротивление R , Ом, определяется по формуле

$$R = \frac{\rho \cdot l}{h \cdot b}, \quad (1.7)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление материала проводника, Ом·м.

Определяем независимые контуры и их нумеруем. При наличии в схеме источников тока независимые контуры, для которых составляем уравнения метода контурных токов, можно определить, если мысленно удалить источники тока. Выбираем направление контурных токов (целесообразно в одну сторону) и составляем уравнения по методу контурных токов, обходя каждый контур в направлении его контурного тока. Контурный ток, проходящий через источник тока, известен и равен току источника тока (через источник тока проходит только один контурный ток). Полученную систему алгебраических уравнений решаем относительно неизвестных контурных токов.

Составляем систему уравнений контурных токов. В левой части уравнений входят падения напряжений в контуре, а в правой ЭДС данного контура.

$$\begin{aligned}
 & (R_3 + jX_{L3}) \cdot \underline{I}_{11} - \underline{I}_{22} \cdot (R_3 + jX_{L3}) = \underline{\hat{A}} \\
 & -\underline{I}_{11} \cdot (R_3 + jX_{L3}) + \underline{I}_{22} \cdot \\
 & (-jX_{C13} + R_2 + R_3 + jX_{L2} + jX_{L3} - jX_{C23}) - \underline{I}_{33} \cdot (R_2 + jX_{L2}) - \underline{I}_{44} \cdot (-jX_{C13}) = 0 \\
 & -\underline{I}_{22} \cdot (R_2 + jX_{L2}) + (R_2 + R_1 + jX_{L1} + jX_{L2} - jX_{C22} - jX_{C12}) \cdot \underline{I}_{33} - \underline{I}_{44} \cdot (-jX_{C12}) = 0 \\
 & -\underline{I}_{22} \cdot (-jX_{C13}) - \underline{I}_{33} \cdot (-jX_{C12}) + \underline{I}_{44} \cdot (-jX_{C12} - jX_{C13}) = 0
 \end{aligned} \quad (1.8)$$

Определители системы уравнений (1.8)

$$\Delta = \begin{vmatrix} (R_3 + jX_{L3}) & -(R_3 + jX_{L3}) & 0 & 0 \\ -(R_3 + jX_{L3}) & (-jX_{C13} + R_2 + R_3 + jX_{L2} + jX_{L3} - jX_{C23}) & -(R_3 + jX_{L2}) & jX_{C13} \\ 0 & -(R_3 + jX_{L3}) & (R_2 + R_1 + jX_{L1} + jX_{L2} - jX_{C22} - jX_{C12}) & jX_{C12} \\ 0 & jX_{C13} & jX_{C12} & (-jX_{C12} - jX_{C13}) \end{vmatrix}$$

$$\Delta_1 = \begin{vmatrix} \underline{\hat{A}} & -(R_3 + jX_{L3}) & 0 & 0 \\ 0 & (-jX_{C13} + R_2 + R_3 + jX_{L2} + jX_{L3} - jX_{C23}) & -(R_3 + jX_{L2}) & jX_{C13} \\ 0 & -(R_3 + jX_{L3}) & (R_2 + R_1 + jX_{L1} + jX_{L2} - jX_{C22} - jX_{C12}) & jX_{C12} \\ 0 & jX_{C13} & jX_{C12} & (-jX_{C12} - jX_{C13}) \end{vmatrix}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} (R_3 + jX_{L3}) & \underline{\hat{A}} & 0 & 0 \\ -(R_3 + jX_{L3}) & 0 & -(R_2 + jX_{L2}) & jX_{C13} \\ 0 & 0 & (R_2 + R_1 + jX_{L1} + jX_{L2} - jX_{C22} - jX_{C12}) & jX_{C12} \\ 0 & 0 & jX_{C12} & (-jX_{C12} - jX_{C13}) \end{vmatrix}$$

$$\Delta_3 = \begin{vmatrix} (R_3 + jX_{L3}) & -(R_3 + jX_{L3}) & \underline{\hat{A}} & 0 \\ -(R_3 + jX_{L3}) & (-jX_{C13} + R_2 + R_3 + jX_{L2} + jX_{L3} - jX_{C23}) & 0 & jX_{C13} \\ 0 & -(R_2 + jX_{L2}) & 0 & jX_{C12} \\ 0 & jX_{C13} & 0 & (-jX_{C12} - jX_{C13}) \end{vmatrix}$$

$$\Delta_4 = \begin{vmatrix} (R_3 + jX_{L3}) & -(R_3 + jX_{L3}) & 0 & \underline{\hat{A}} \\ -(R_3 + jX_{L3}) & (-jX_{C13} + R_2 + R_3 + jX_{L2} + jX_{L3} - jX_{C23}) & -(R_2 + jX_{L2}) & 0 \\ 0 & -(R_2 + jX_{L2}) & (R_2 + R_1 + jX_{L1} + jX_{L2} - jX_{C22} - jX_{C12}) & 0 \\ 0 & jX_{C13} & jX_{C12} & 0 \end{vmatrix}$$

Токи в контурах с 1 по 4 определяются как

$$\underline{I}_{11} = \frac{\Delta_1}{\Delta}; \quad \underline{I}_{22} = \frac{\Delta_2}{\Delta}; \quad \underline{I}_{33} = \frac{\Delta_3}{\Delta}; \quad \underline{I}_{44} = \frac{\Delta_4}{\Delta}.$$

Токи в проводниках индукционного нагревателя определяются как

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_{33}; \quad \underline{I}_2 = \underline{I}_{22} - \underline{I}_{33}; \quad \underline{I}_3 = \underline{I}_{11} - \underline{I}_{22}.$$

Представленная методика расчета реализована в виде программы REZCUR (рисунок 4), созданной в программной среде Borland DELPHI. С использованием указанной программы проводится расчет распределения тока в проводниках и диэлектрике плоского индуктора с емкостной связью

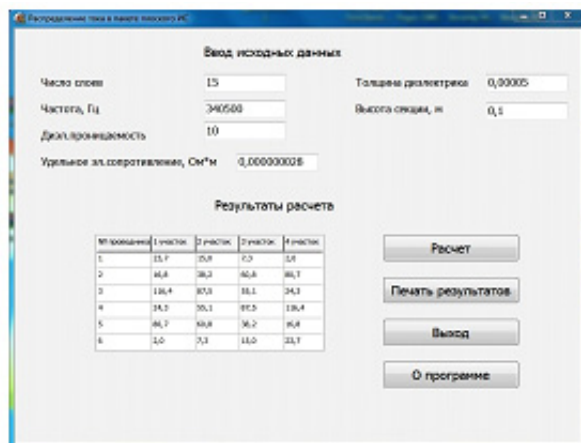


Рисунок 4 – Панель исполнительного модуля программы «REZCUR»

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Мухаметшин, Р. Р., Науман, О. А., Захаров, И. В. Исследование резонансного режима плоских индукционных систем с емкостной связью. Технические науки в России и за рубежом: материалы III Международной научной конференции, Москва, 2014. – М. : Буки-Веди, 2014.

2 Калантаров, П. Л., Цейтлин, Л. А. Расчет индуктивностей: Справочная книга. – Л. : Энегоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986.

3 Расчет электрической емкости/Ю.Я. Иоссель, Э.С. Кочанов, М. Г. Струнский. – Л. : Энергоиздат, Ленингр. отд-ние, 1981.

Материал поступил в редакцию 09.02.15.

E. I. Zakharova, O. A. Naumann, I. V. Zakharov

Сыйымдылық байланысымен жайпақ индукциалы жылытқышта тоқты тарату

С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 09.02.15 баспаға түсті.

E. I. Zakharova, O. A. Naumann, I. V. Zakharov

The current distribution in a flat induction heater with capacitive coupling

S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 09.02.15.

Электротехника теориясының әдістері мен берілген REZCUR құрылғысының компьютерлік есебі бағдарламасының негізінде сыйымдылық байланысымен жайпақ индукциалы жылытқышы есебінің әдісі ұсынылды.

There is presented a method for calculating a flat induction heater with capacitive coupling based on the electrical theory methods and REZCUR devices data computer calculation program.

UDC 621.32

**A. B. Kaidar¹, D. E. Beissenbayev¹, A. P. Kislov²,
V. P. Markovsky³, B. K. Shapkenov⁴, A. K. Ashimova⁵**

¹graduate students; ²cand.tech.sc., professor, dean, Corresponding member of International Informatization Academy and Academy of Electrotechnical sciences RF; ³cand.tech.sc., professor, head of department «Electroenergetics»; ⁴cand.tech. sc., associate professor, Full member of WAS of Complex safety, «Electroenergetics» department; ⁵master of energetics, senior lecturer, «Electroenergetics» department, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar

POWER ELECTRONICS FOR ELECTRICAL EQUIPMENT AND ELECTRICAL DRIVES

This article is intended as an overview of research in fault diagnosis, detection, and reconfiguration. The review particularly focuses on power electronic applications and drives. The organization of this article begins with the system diagnostics on conventional inverter drives (CID) because the knowledge of fault diagnosis in CIDs can be used to apply in other inverter drive topologies. Therefore, several techniques of fault diagnosis and reconfiguration in CIDs are addressed.

Keywords: fault diagnostic, inverter drives, multilevel inverter, power electronics.

A conventional (voltage-fed) inverter drive has become one of the major applications in industry. Since a CID is used in various industrial applications, the reliability of the power electronic system of a CID is of paramount importance.

An example of an open loop volts/Hz speed control of a CID is shown in Figure 1; as can be seen, a CID usually consists of six diodes on the input side, dc link voltage, and six semiconductor power switches on the output side.

Figure 1 shows that faults can occur in the motor, the rectifier, or the inverter. The conventional protection system used in a CID is mostly passive devices such as fuses, circuit breakers (CBs), and overload relays as illustrated in Figure 2. This protection system can protect against ground faults, dc link overvoltage and under voltage, and inverter overcurrent. For instance, the input circuit breaker will trip for steady overcurrent to the inverter, and the input fuses will blow for short circuit fault of a diode in rectifier or a dc link capacitor. The inverter input fuse at dc link will protect the rectifier and filter capacitor from a shoot-through fault in the inverter. The metal oxide varistors at the input side will protect against overvoltage. The over temperature of a motor will be protected by circuit breaker activated by thermal relay.

The protection system in Figure 2 is normally designed to shut down the inverter drive to protect the power circuit, overlooking the consequence of such accidental shut down.

For instance, in the case of an inverter fault such as open or short circuit in a power switch, the fuse in dc link will blow when the current reaches to the safety limit, disconnecting the dc voltage supply. This may cause vitally consequent damages in the motor if the motor is running at base speed with rated load. Therefore, the passive protection system may not be adequate if the application of a CID needs a continuous operation or the motor is connected with a large load such as conveyer or hybrid/electric vehicle. It would be better if one can isolate the fault and continue to operate the motor with a single phase mode with degraded motor performance.

The new generation of power semiconductor switches for a CID is mostly designed as modular package known as intelligent power module (IPM). An IPM usually combines a single phase or three phase rectifier and three phase inverter, gate drive circuit and protection circuit as one package as depicted in Figure 3. Generally, the protection system in Figure 2 is included in an IPM except an overload relay at the output side. An IPM provides a smaller size of a CID and more convenient interface with the control unit.

However, the protection system of CID will normally turn off all gate drive signals as soon as a fault is detected; as a result, the inverter drive will stop operation.

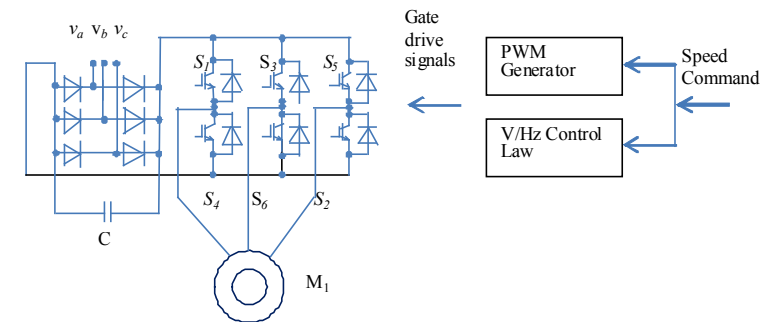


Figure 1— Conventional voltage-fed PWM inverter drives

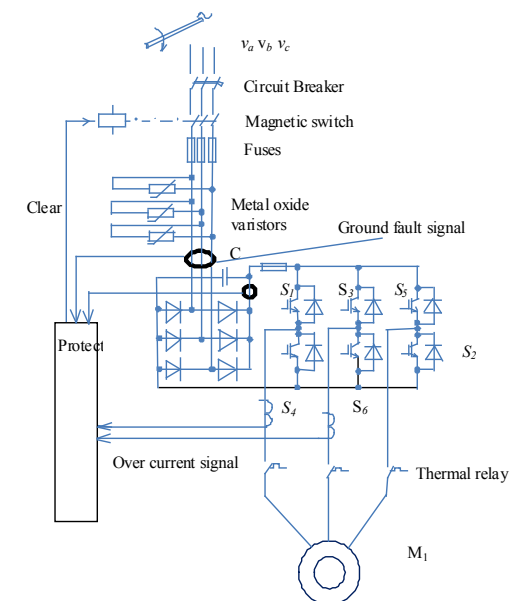


Figure 2 — A typical protection of a conventional voltage-fed inverter drive

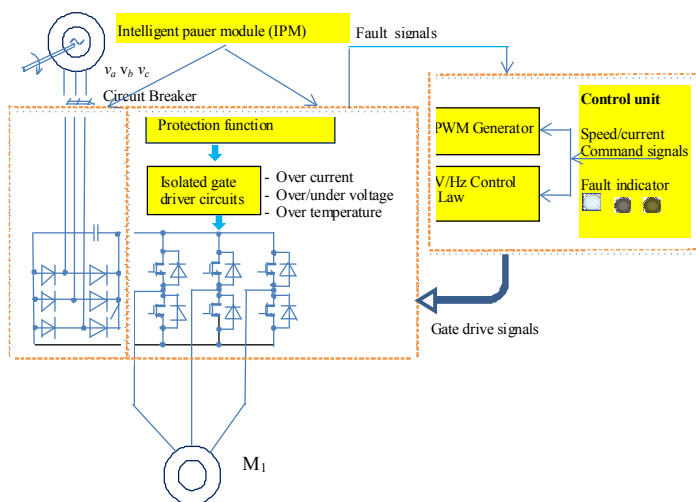


Figure 3 — A typical protection system of a conventional voltage-fed inverter drive using IPM

Several research papers on fault detection and reconfiguration for a CID have been elucidated in the last decade of the twentieth century.

To begin with, in [1, 2] have investigated the possible fault modes of a voltage-fed inverter for induction motor drive. The method is based on mathematical model of possible faults and their consequences. The major fault modes based on mathematical models has been analyzed; specifically, input supply single line to ground faults, rectifier diode short circuit, inverter transistor base drive open circuit and inverter switch short circuit conditions. Although the research did not contribute a fault detection method, it provided an extensive study to design the zone of operation safely in a degraded mode of CID, which is important in high reliability applications. In addition, the research conveyed the available signals which can be used to detect particular faults as follows:

- input rectifier current for detecting input supply single line to ground faults;
- DC-link current and voltage for monitoring rectifier diode short circuit fault and over/under voltage;
- input motor current for sensing inverter transistor base drive open circuit and inverter switch short circuit fault.

In [3, 4, 5] also provided a single phase operation technique for a CID when a fault occurs in a leg of a CID; particularly, base drive open circuit and device short circuit.

Assuming that the fault could correctly be detected and isolated, a CID could operate with a single-phase mode. The technique is based on torque compensation at an induction motor by injecting odd harmonic voltages at appropriate phase angles.

LIST OF REFERENCES

- 1 **Shapkenov, B. K., Kaliev, B. Z., Kaidar, A. B.** Monograph “The Theory and Practice of energy converters.” – Saarbrucken, Germany: Publishing house «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 p.
- 2 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Govorun, V. F., Shapkenov, B. K., Volgin, M. E., Padrul', N. M., Zhumadirova, A. K.** Artificial intelligent application in condition monitoring and diagnosis of MLIDs. Вестник ПГУ. - №4. - 2014, pp. 43-48.
- 3 **Kopyrin, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markowski, V. P., Shapkenov, B. K., Akaev, A. M.** Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform. – Вестник ПГУ. - №4. - 2014, pp. 49-58.
- 4 **Kaidar, A. B., Kopyrin, V. S., Shapkenov, B. K., Markowski, V. P.** Experimental studies inverter with pulse width modulation for power supply systems with renewable energy sources. – Materials of Internative scientific and technical conference «VI reading of Sh. Shokin» – October 10, 2014, pp. 134-140.
- 5 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.** Применение силового модуля на IGBT транзисторах в автономных инверторах напряжения с повышенной эффективностью преобразования электроэнергии. – Вестник ПГУ, № 3, 2014.

Material received on 30.02.15.

А. Б. Кайдар, Д. Е. Бейсенбаев, А. П. Кислов, В. П. Марковский, Б. К. Шапкенов, А. К. Ашимова

Электр жабдықканың және электр қозғағыштың күш беретін электроникасы

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 30.02.15 баспаға түсті.

А. Б. Кайдар, Д. Е. Бейсенбаев, А. П. Кислов, В. П. Марковский, Б. К. Шапкенов, А. К. Ашимова

Силовая электроника электрооборудования и электропривода

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 30.02.15.

Бұл мақала орнектеулерге жартылай өткізгіш жүйелерге ақаулықтарға диагностикаларға облыста зерттеулердің шолумен келіп жатыр. Ерекше ықылас күш беретін электроникада және еріксіз келтірулерде акценттеп жатыр. Мақалада инверторными түрлендіргіштермен дәстүрлі еріксіз келтірулердің (ИТД) жүйелердің диагностикасы қарастырылған. Өйткені ақаулықтарға диагностикаларға білімге инверторных еріксіз келтірулерге басқа топологияларда қолдану үшін қолданған ИТД мүмкін болу. ИТД топологиялар ақаулықтардың және өзгерістің диагностикалар бірнешесі әдістердің қарастырылған бұл басқа.

Эта статья является обзором исследований в области диагностики неисправностей полупроводниковых систем преобразования. Особое внимание акцентируется на силовой электронике и приводах. В статье рассмотрена диагностика систем традиционных приводов с инверторными преобразователями (ТПИ), потому что знание диагностики неисправностей в ТПИ может быть использовано для применения в других топологиях инверторных приводов. Кроме этого, рассмотрено несколько методов диагностики неисправностей и изменения топологии ТПИ.

UDC 621.32

A. P. Kislov¹, A. B. Kaidar², B. K. Shapkenov³

¹cand.tech.sc., professor, dean, Corresponding member of International Informatization Academy and Academy of Electrotechnical sciences RF; ²graduate student; ³ cand.tech.sc., associate professor, Full member of WAS of Complex safety, «Electroenergetics» department, S. Toraihyrov Pavlodar State University, Pavlodar

SEVERAL TECHNIQUES OF FAULT DIAGNOSIS AND RECONFIGURATION IN CIDS

This article is intended as an overview of research in fault diagnosis, detection, and reconfiguration. The review particularly focuses on power electronic applications and drives. This article begins with the system diagnostics on conventional inverter drives (CID) because the knowledge of fault diagnosis in CIDs can be applied in other inverter drive topologies. Therefore, several techniques of fault diagnosis and reconfiguration in CIDs are addressed.

Keywords: fault diagnostic, inverter drives, multilevel inverter, power electronics.

A conventional inverter driver (CID) system usually consists of three cascaded subsystems: a rectifier, an inverter, and a motor. A review of fault detection techniques in an inverter is focused in this section.

As previously mentioned, input motor supply current signals could be used to detect switch base drive open circuit and inverter switch short circuit fault. Two techniques are primarily applied in fault detection and diagnosis: model based technique and model-less based technique.

A model-based technique principally depends upon a mathematical model; for instance, analytical redundancy method and parameter estimation method. A model based technique is valuable if an accurate model of faults can be obtained. However, in the case of a CID, an accurate model representing all of the possible fault cases is difficult to obtain. A model based technique has some disadvantages as follows:

- expensive in engineering time to develop model;
- model may not be robust to nonlinear problems;
- model may not be robust to seasonal changes or plant degradation.

A model-less based technique is based upon expert-knowledge or artificial intelligent system; namely, a fuzzy logic, a neural network, and a statistical technique. An implementation of a model-less technique may be more expensive

than a model based technique; however, the technology promise of very large scale integration (VLSI) technology would reduce the implemented cost. Some advantages of a model-less based technique are as follows:

- model-less techniques are mostly non-linear;
- model-less techniques have input-output mapping and adaptivity: the model can be trained to perform a desired mapping;
- model-less techniques have fault tolerance capability: the failure of single neuron will only partially degrade performance;
- model-less techniques can be implemented as VLSI and parallel configuration.

A well-known Park's transform or Park's vector approach can be used to perform fault detection in a CID. The interaction between the rotor currents and the flux wave relating with stator currents can be written in primarily mathematical transformation called Clark transform and Park-transform. A Clark-transform is a signal transformation method to transform the original three-phase signals (for example current signals: i_a, i_b, i_c) into two phase signals in a new space (i_α, i_β) with an orthogonal basis (i_α is perpendicular with i_β).

The i_α and i_β in the stationary frame can be transformed to the current components in the reference or d - q frame (i_{sd}, i_{sq}) with Park transform. The i_{sd}, i_{sq} together with instantaneous flux angle (φ), calculated by the motor flux model can be used to estimate the electric torque of an induction motor. The transformation using Clark transform to modify a three-phase system to a two-phase orthogonal alpha (α) and beta (β) system is shown in (1):

$$\begin{aligned} i_\alpha &= \frac{2}{3}i_a - \frac{1}{3}(i_b + i_c), \\ i_\beta &= \frac{1}{\sqrt{3}}(i_b - i_c), \\ i_o &= \frac{1}{3}(i_a + i_b + i_c), \end{aligned} \quad (1)$$

where i_α and i_β are components in an orthogonal space,

i_o is a homo polar component of the system,

i_a, i_b and i_c are components in original space.

Assuming that the CID has a balanced load: $i_a + i_b + i_c = 0$, i_α and i_β can be rewritten as:

$$\begin{aligned} i_\alpha &= i_a, \\ i_\beta &= \frac{1}{\sqrt{3}}i_a + \frac{2}{\sqrt{3}}i_b, \\ i_\alpha + i_b + i_c &= 0, \end{aligned} \quad (2)$$

The transformation from a two-phase orthogonal α, β space to a three-phase stationary component is performed by

$$\begin{aligned} i_a &= i_\alpha, \\ i_b &= -\frac{1}{2}i_\alpha + \frac{\sqrt{3}}{2}i_\beta, \\ i_c &= -\frac{1}{2}i_\alpha - \frac{\sqrt{3}}{2}i_\beta. \end{aligned} \quad (3)$$

The components of two-phase orthogonal α, β space can be fed to a vector rotation block where it rotates over an angle (θ) to follow the frame d, q attached to the rotor flux by using Park transform:

$$\begin{aligned} i_{sd} &= i_\alpha \cos(\theta) + i_\beta \sin(\theta), \\ i_{sq} &= -i_\alpha \sin(\theta) + i_\beta \cos(\theta), \end{aligned} \quad (4)$$

The vector in the d - q frame can also be transformed to α - β frame by

$$\begin{aligned} i_\alpha &= i_{sd} \cos(\theta) - i_{sq} \sin(\theta), \\ i_\beta &= i_{sd} \sin(\theta) + i_{sq} \cos(\theta). \end{aligned} \quad (5)$$

A graphical relationship of current vector among original stator components (i_a, i_b, i_c), two-phase components in stationary space (i_α, i_β), and two-phase components in reference space (i_{sd}, i_{sq}) is depicted in Figure 1.

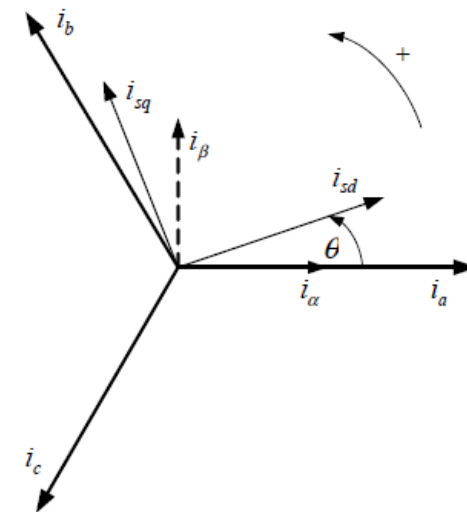


Figure 1 – Current vector relationship among a - b - c , α - β , and d - q space

In [1, 2] introduced a monitoring technique for fault diagnosis in a CID based on Park's vector approach, namely average Park's vector. In [3] also proposed a fault detection and isolation on a CID, called current-vector trajectory. Basically [1-3], used input motor currents as diagnostic signals and modified the original Clark and Park transform method as fault feature extraction to rate input motor current signals as an important characteristic in order to classify a fault location in an inverter.

The difference between [1,2] work and [3] work is the diagnostic paradigm to indicate fault locations (power switch of an inverter).

First, [1,2] used average current Park's vector ($I_{a,av}$, $I_{b,av}$, and $I_{c,av}$) to detect a fault.

The corresponding Park's vector can be expressed as follows:

$$\begin{aligned} |I| \angle \theta_{av} &= I_{d,av} + jI_{q,av} \\ I_{d,av} &= -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{3}} I_{a,av} - \frac{1}{\sqrt{6}} I_{b,av} - \frac{1}{\sqrt{6}} I_{c,av} \\ I_{q,av} &= \frac{1}{\sqrt{2}} I_{a,av} - \frac{1}{\sqrt{2}} I_{c,av} \end{aligned} \quad (6)$$

The input motor currents are average value over one period. The magnitude and phase angle of the average vector ($I_{d,av}$, $I_{q,av}$) can be calculated in the complex coordinate.

Obviously, the average current vector in orthogonal space runs in a circuit will be zero for a normal condition of a CID. In contrast, the magnitude of the vector will not be zero if a fault occurs; normally, the magnitude will exceed some threshold value. The average phase angle can be used to identify a fault location. Trajectories of Park's vector corresponding with the inverter switch locations (Figure 2) are illustrated in Figure 3.

The magnitude can be used to determine the fault types (open or short circuit) by setting the threshold value: threshold values are usually based on experiment or simulation. The average angle can be used to identify a fault location as shown in Table 1.

Second, [3] used the slope of trajectory in the orthogonal space to identify fault locations. The trajectory of input motor current is transformed by modifying (2) and (3). It should be noted that (3) assumes a balanced load. Equations (2) and (3) can be rewritten in terms of line currents as:

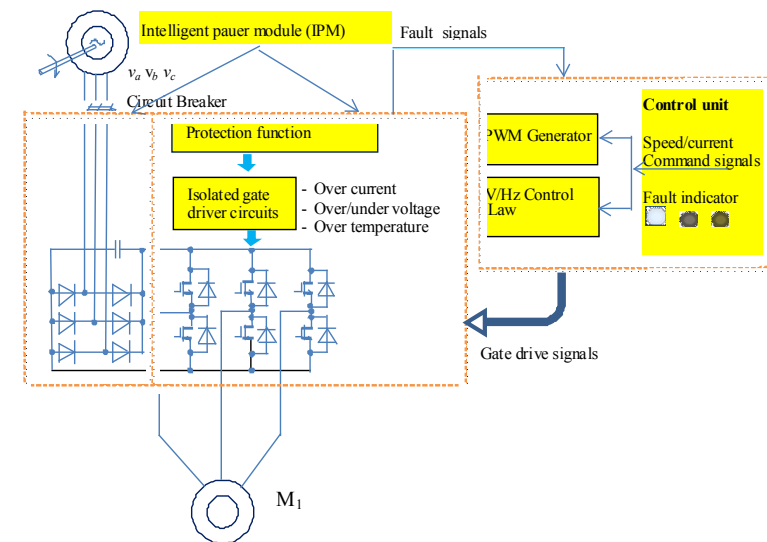


Figure 2 – A typical protection system of a conventional voltage-fed inverter drive using IPM

$$\begin{aligned} i_{\alpha} &= i_a \\ i_{\beta} &= \frac{1}{\sqrt{3}(i_b - i_c)} \end{aligned} \quad (7)$$

As can be seen in Figure 3, the trajectories consist of a non-linear part (semicircle) and a linear part (line). The slope (m) of the linear part can be found by:

$$m = \frac{\Delta i_{\beta}}{\Delta i_{\alpha}} \quad (8)$$

One can see in Figure 3 that the slope is related with an inverter phase leg; for example, if a switch in phase b has an open circuit fault, the current i_b is zero, then the slope of this trajectory is .

The same topology can be applied to other phases of a CID as follows [4, 5]:

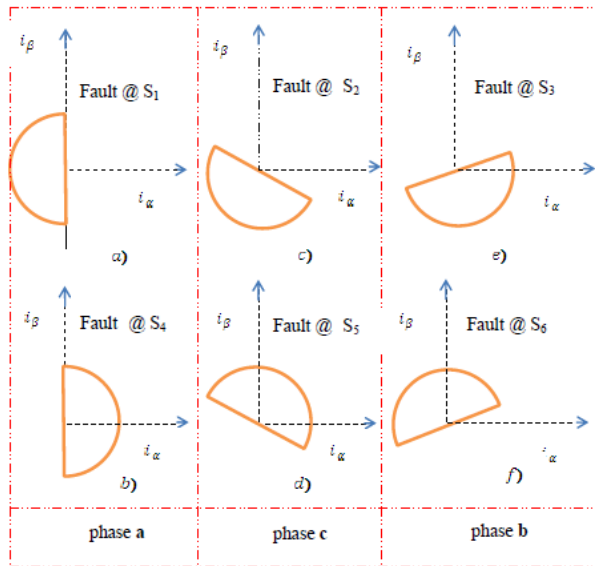


Figure 3 — Current-vector trajectories in open circuit fault mode:
a) S1, b) S4, c) S2, d) S5, e) S3 and f) S6 [1]

Table 1— Interval of Θ_{av} to identify fault locations

| Switch locations | Open circuit fault | Short circuit fault |
|------------------|---------------------------|---------------------------|
| S1 | $150 < \Theta_{av} < 210$ | $330 < \Theta_{av} < 30$ |
| S2 | $210 < \Theta_{av} < 270$ | $30 < \Theta_{av} < 90$ |
| S3 | $270 < \Theta_{av} < 330$ | $90 < \Theta_{av} < 150$ |
| S4 | $330 < \Theta_{av} < 30$ | $150 < \Theta_{av} < 210$ |
| S5 | $30 < \Theta_{av} < 90$ | $210 < \Theta_{av} < 270$ |
| S6 | $90 < \Theta_{av} < 150$ | $270 < \Theta_{av} < 330$ |

- fault at phase a, i_a is zero: then, the slope of the trajectory (m) is infinite (∞);
- fault at phase b, i_b is zero: then, the slope of the trajectory (m) is ;
- fault at phase c, i_c is zero: then, the slope the trajectory (m) is is - .

The currents in the faulty phase can be used to determine the faulty switch in the faulty phase leg. If the current has negative direction, the switch connected with the positive dc link has a fault. Conversely, if the current has positive direction, the switch connected with negative dc link has a fault. A Schmitt-trigger circuit

can be used to monitor the direction of currents: a hysteresis loop of a Schmitt-trigger can be set to observe current polarity for the slope method.

The Park's transform approaches are simulated by using PSIM from Powersim and MATLAB from Mathworks. PSIM is used to simulate the power circuit of a CID consisting of a rectifier, an inverter and a motor; then, the current signals are sent to perform Park's vector in MATLAB as illustrated in Figure 6. To create an open gate drive fault, the drive signal for a particular switch is bypassed to ground (0); for instance, if switch S1 has open gate drive fault, the gate drive signal of the switch S1 is controlled to zero. Current signals after simulation are sent to Matlab and transformed to orthogonal space. The results of current trajectories in orthogonal space are shown in Figure 5.

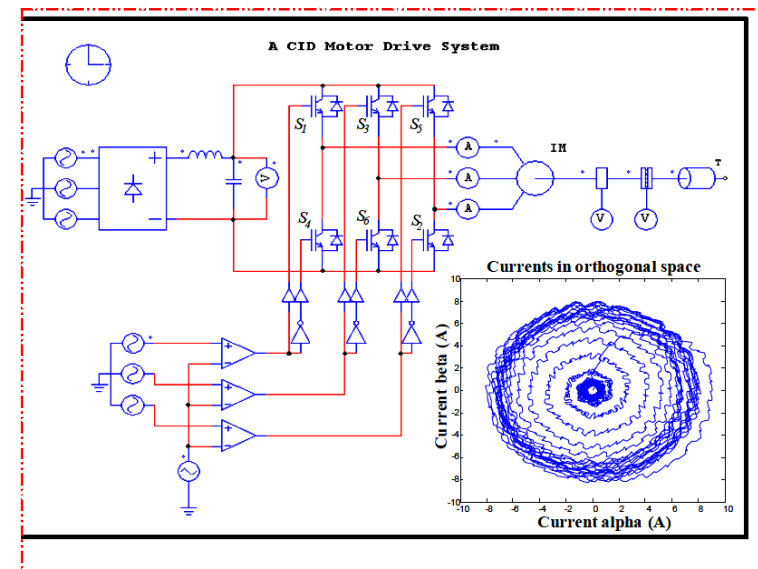


Figure 4 — Power circuit of a CID simulated by PSIM with current trajectory at normal condition

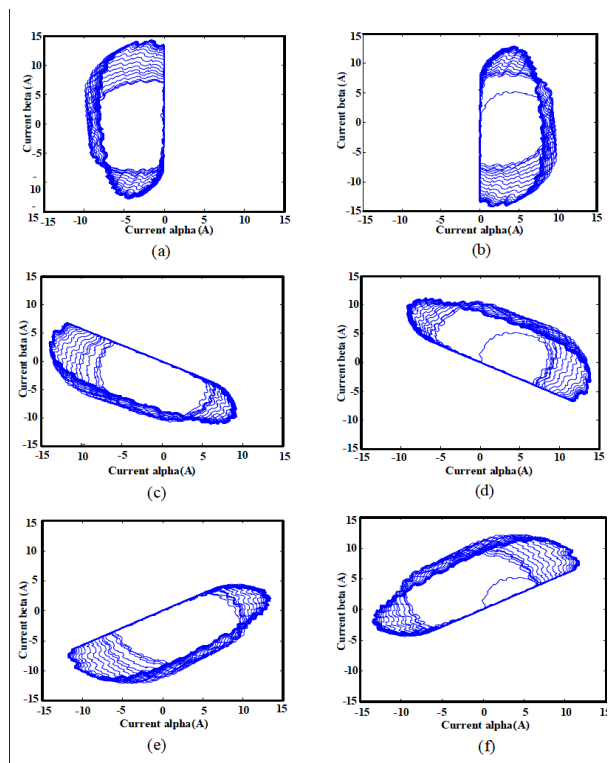


Figure 5 — Simulation results of current trajectories on open circuit faults: a) S1 , b) S4 , c) S2 , d) S5 , e) S3 , and f) S6

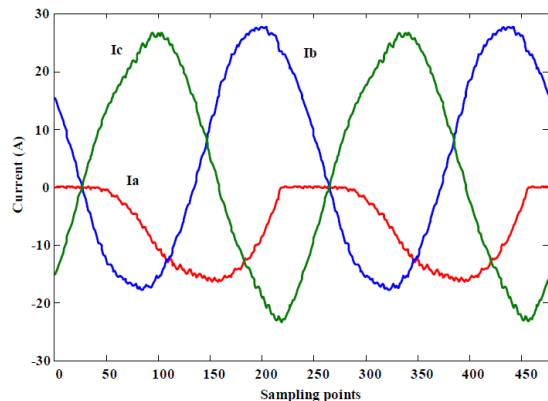


Figure 6 — Line currents during open circuit faults at S1

Figure 6 shows the plot of line currents during open circuit at switch S1. Obviously, the currents in orthogonal space are related with the switch locations as shown in Figure 5.

The several locus curves at the same plot of each current trajectory are the current cycles of the motor. Obviously, slope detection and Park's average vector method may have a problem to detect the faults when the CID is running at light load or at low modulation index. As represented in Figure 5, the vector angle in orthogonal space is dependent with the load currents; for instance, if the fault occurs at S6 during light load operation, the vector angle of S3 and S6 is located at the same interval as depicted in Figure 5 (d) and (f). Also, the switch S3 and S6 are placed in different inverter legs so that the detection system using slope detection and Park's average vector method would be incorrectly detected.

LIST OF REFERENCES

1 **Shapkenov, B. K., Kaliev, B. Z., Kaidar, A. B.** Monograph "The Theory and Practice of energy converters." – Saarbrucken, Germany: Publishing house «LAP Lambert Academic Publishing», 2014. – 461 p.

2 **Kaidar, A. B., Kislov, A. P., Markovsky, V. P., Govorun, V. F., Shapkenov, B. K., Volgin, M. E., Padrul', N. M., Zhumadirova, A. K.** Artificial intelligent application in condition monitoring and diagnosis of MLIDs. Вестник ПГУ. — №4. — 2014, pp.43 – 48.

3 **Копырин, V. S., Kaidar, A. B., Ivanova, E. V., Novozhilov, A. N., Kislov, A. P., Markowski, V. P., Shapkenov, B. K., Akaev, A. M.** Diagnostics of the fault types and fault locations in a cascaded MLID from its output voltage waveform. Вестник ПГУ. — №4. — 2014, pp.49 – 58.

4 **Kaidar, A. B., Копырин, V. S., Shapkenov, B. K., Markowski, V. P.** Experimental studies inverter with pulse width modulation for power supply systems with renewable energy sources. Materials Intern native scientific and technical conference «YI reading Sh Shokina.» October 10, 2014, pp 134-140.

5 **Кайдар, А. Б., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П.,** Применение силового модуля на IGBT транзисторах в автономных инверторах напряжения с повышенной эффективностью преобразования электроэнергии. Вестник ПГУ, 2014. – № 3.

Material received on 30.01.15.

А. П. Кислов, А. Б. Кайдар, Б. К. Шапкенов

Дәстүрлі инверторлық электр қозғағыштардың ақаулықтарын және күйге келтірудің диагностикасының бірнеше әдістері

С. Торайгыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 30.01.15 баспаға түсті.

А. П. Кислов, А. Б. Кайдар, Б. К. Шапкенов

Несколько методов диагностики неисправностей и настройки традиционных инверторных электроприводов

Павлодарский государственный университет
имени С. Торайгырова, г. Павлодар.
Материал поступил в редакцию 30.01.15.

Инверторных электр қозғалыштарға ақаулықтарға диагностикаларға облыста зерттеулер келтірілген. Ықыласқа үлкен дәрежеде күш беретін электроникада және еріксіз келтірулерде ақулықтардың диагностикалары білімі инверторларда келтірулерге басқа топологияларда қолдану, үшін мақала еріксіз келтірулерден кәдімгі түрлендіргіштен жүйелерден диагностикадан бастап жатыр. Сондықтан, мақалада ақаулықтардың диагностикалар бірнешесі әдістердің қарастырылған.

Приведены исследования в области диагностики неисправностей инверторных электроприводов. В большей степени внимание акцентировано на силовой электронике и приводах. Статья начинается с диагностики систем с обычными преобразователя приводов, потому что знание диагностики неисправностей в обычных инверторах может быть использовано для применения в других топологиях инверторных приводов. Поэтому, в статье рассмотрены несколько методов диагностики неисправностей.

УДК 621.3

А. П. Кислов¹, В. П. Марковский², А. Б. Кайдар³, Б. К. Шапкенов⁴, Н. М. Арипова⁵

¹к.техн.н., профессор, декан, член — корреспондент Международной академии информатизации, член — корреспондент Академии электротехнических наук РФ; ²к.техн.н., профессор, зав. кафедрой «Электроэнергетика», член — корреспондент Международной академии информатизации; ³магистрант; ⁴к.техн.н., ассоциированный профессор, действительный член ВАН комплексной безопасности, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар; ⁵лаборант кафедры «Электроэнергетика», Евразийский инновационный университет, г. Павлодар

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕТОКАМИ АКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ АСИНХРОННОГО ХОДА В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Дается анализ эффективности управления перетоками активной мощности по межсистемной связи при возникновении асинхронного хода в электроэнергетической системе. Приводятся результаты расчетов переходных режимов с учетом действия устройства управления, осуществляющего по заданному алгоритму включение и отключение выключателя линии электропередачи межсистемной связи.

Ключевые слова: перетоки активной мощности, асинхронный ход, электроэнергетическая система.

В своей деятельности АО «КЕГОС» взаимодействует с энергосистемами других государств: Российская Федерация (ОАО «ФСК ЕЭС», ОАО «СО ЕЭС», ОАО «ИНТЕР РАО ЕЭС»), Кыргызская Республика (ОАО «Электрические станции», ОАО «НЭС Кыргызстана»), Республика Узбекистан (ГАК «Узбекэнерго»), Республика Таджикистан (ОАХК «Барки Точик») (рис. 1).

Для устойчивой работы энергосистемы и обеспечения надлежащего качества электроэнергии важно выполнение участниками рынка ряда условий, и, в первую очередь, соблюдение в каждый момент и промежуток времени своих обязательств по поставке и потреблению электроэнергии. Изменение частоты в энергосистеме в результате нарушения баланса

мощности регулируется изменением генерируемой активной мощности. Регулирование напряжения может производиться изменением как активной, так и реактивной мощности, но в силу того, что активная мощность «зарезервирована» для регулирования частоты, на практике для регулирования напряжения используется реактивная мощность. При этом баланс реактивной мощности в энергосистеме отражает некий средний уровень напряжения в энергосистеме, в то время как напряжение в различных точках системы может существенно отличаться от среднего уровня в силу множества факторов, влияющих на падение напряжения (эквивалентное сопротивление электрических проводников, величина нагрузки, наличие локальных источников реактивной мощности и т.д.). Поэтому нормативный уровень напряжения во всех узлах энергосистемы и у всех потребителей не может быть обеспечен поддержанием на заданном (расчетном) уровне общего баланса реактивной мощности в системе или регулированием реактивной мощности генераторов.

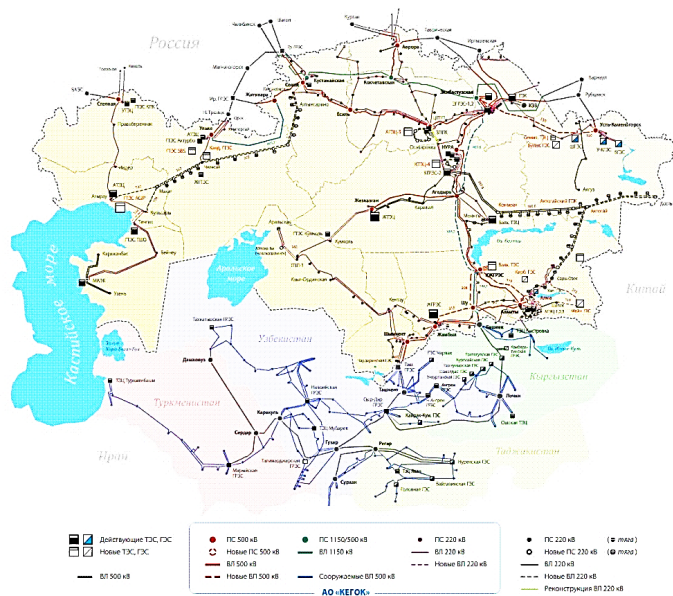


Рисунок 1 – Внутренние и трансграничные межсистемные связи энергетической системы Казахстана

При аварийных возмущениях, сопровождающихся нарушением динамической устойчивости, неизбежно появление асинхронного хода по межсистемным связям, длительное существование которого недопустимо.

Другими словами, вполне возможно возникновение асинхронного хода в ЭЭС даже при современном высоком уровне автоматизации и применения противоаварийного управления. Поэтому требуется разработка достаточно эффективных мероприятий по его предотвращению и созданию необходимых условий для осуществления успешной ресинхронизации [1].

Хотя и имеются разработанные и даже используемые на практике устройства управления, реализующие различные способы выявления и ликвидации асинхронного хода, проблема сохранения результирующей устойчивости и сокращения продолжительности асинхронного хода в электроэнергетической системе (ЭЭС) остается актуальной, особенно после тяжелых аварий с возникновением асинхронного хода.

В 2005 г. в России произошла крупная авария в ОЭС Урала с выделением на изолированную работу крупного энергорайона. В настоящее время из-за использования изношенного и нерегулируемого оборудования в электрических сетях Кыргызстана, а также резкого увеличения потребляемых мощностей отраслями и населением без реконструкции и строительства ЛЭП, участились аварии и отказы в электрических сетях, в том числе системная авария 5 и 8 января 2011 года, обесточившая ряд потребителей Чуйской, Иссык-Кульской, Нарынской областей и часть г. Бишкека, а также некоторые регионы Республики Казахстан и Республики Узбекистан. В октябре-декабре 2011 года произошли 6 межсистемных аварий по ВЛ-500 кВ из-за перегруженности казахстанских линий. Авария на Саяно-Шушенской ГЭС — промышленная техногенная катастрофа, произошедшая 17 августа 2009 года привела к перегрузке казахстанских линий 500 кВ от 800 до 1200 МВт.

28 – 29 ноября 2012 г. вследствие несанкционированного отбора мощности в размере 650 МВт Узбекистаном объединенная энергосистема Казахстана, Киргизии работала в несбалансированном режиме, а 2 – 3 сентября 2014 г. по той же причине произошла авария на линии 500 кВ «Север - Юг».

Учитывая негативные последствия асинхронного хода для ЭЭС и увеличивающуюся по мере развития энергообъединений опасность лавинообразного характера нарушения устойчивости, становится необходимым использование дополнительных средств, назначение которых состоит в выявлении факта перехода в асинхронный режим и принятии мер по его ликвидации, в частности применяется автоматика ликвидации асинхронного режима (АЛАР), действующая, в основном, на деление электрической сети [2, 3]. Анализ выше приведенных аварий показывает, что в большинстве случаев разрыв связей приводит к усугублению последствий, включая и экономический ущерб. Поэтому обеспечение успешной ресинхронизации подсистем ЭЭС после кратковременного асинхронного хода в результате реализации управляющих воздействий

является более предпочтительным, чем разделение энергообъединения действием АЛАР на несинхронно работающие части. В Казахстане и в других странах особое внимание уделяется мероприятиям по обеспечению результирующей устойчивости, в частности дискретному воздействию на режим межсистемной связи при асинхронном ходе [2, 3], так как управление выключателями высоковольтных ЛЭП (отключением и включением их в определенные моменты времени) улучшаются условия для ресинхронизации подсистем [4, 5]. Такое мероприятие является перспективным, так как позволяет ликвидировать асинхронный ход в энергообъединении без деления электрической сети и излишних отключений источников генерации и электропотребителей в соответствующих кратковременно несинхронно работающих подсистемах.

Поэтому, в данной статье приведены результаты исследования эффективности одного из возможных мероприятий по управлению перетоком мощности по межсистемной связи при асинхронном ходе в двухподсистемной ЭЭС.

При нарушении устойчивости ЭЭС и возникновении асинхронного хода по межсистемной связи (рис. 2) наблюдается переходный процесс, сопровождающийся колебаниями перетока активной мощности и всех других параметров режима по связи. Характеристики изменения некоторых из них отображены на рис. 3-6.

Эти характеристики получены расчетом применительно к двухподсистемной ЭЭС, подсистемы А и В которой связаны между собой линией электропередачи без промежуточных отборов мощности (рис. 2), причем, подсистема А энергоизбыточная, а подсистема В энергодефицитная.

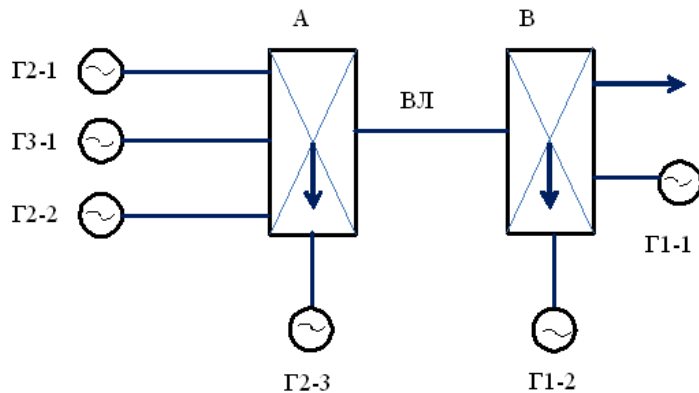


Рисунок 2 – Схема двухподсистемной ЭЭС

Анализ этих характеристик позволяет установить ряд закономерностей.

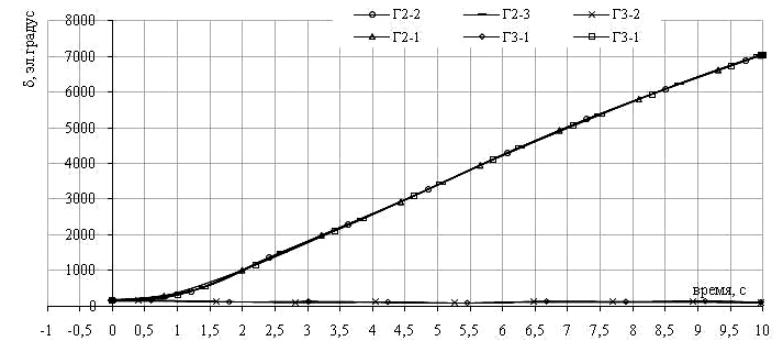


Рисунок 3 – Углы сдвига роторов генераторов относительно базисного узла

Угол сдвига роторов генераторов этих подсистем на рис.3 превышает 360° , что свидетельствует о нарушении динамической устойчивости и возникновении асинхронного хода между подсистемами. В самих подсистемах взаимные углы сдвига роторов внутри подсистем изменяются незначительно, сохраняется свойство внутригрупповой синхронной связности.

Колебательные отклонения напряжения в начале ВЛ и в ее конце менее глубокие, чем в середине (рис. 4), где их амплитуды достигают значений, близких к нулю, что опасно для потребителей электроэнергии, если бы они подключались в промежуточных узлах в виде отбора мощности вдоль ВЛ.

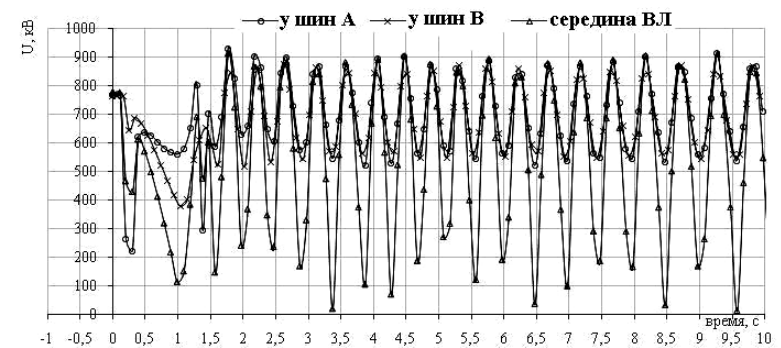


Рисунок 4 – Напряжение по концам и в середине межсистемной ВЛ

При асинхронном ходе передаваемая по межсистемной связи активная мощность (рис. 5) близка к нулю вследствие ее периодической пульсации. Период колебаний мощности составляет около 0,5 с, что важно знать при выборе коммутационной аппаратуры.

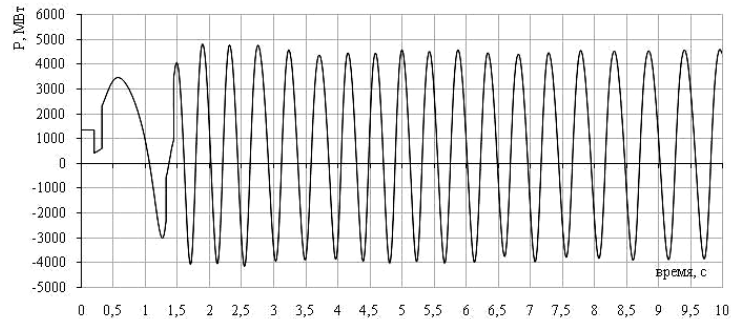


Рисунок 5 – Передаваемая мощность по межсистемной связи ВЛ

Характеристики отклонений частоты на рис. 6 свидетельствуют об установившемся асинхронном ходе по межсистемной связи.

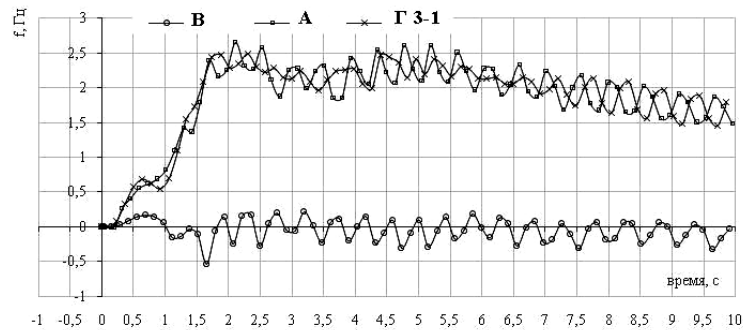


Рисунок 6 – Частота в узлах подсистем

Причем расхождение частот в подсистемах составляет 2 Гц, что допустимо лишь кратковременно. Необходимы мероприятия по снижению расхождения частот, например предусматривающие отключение части генераторов на электростанциях в энергоизбыточной подсистеме А либо отключение части нагрузки в подсистеме В.

Стало быть, длительное существование асинхронного режима не допустимо. Однако его можно ликвидировать без разделения подсистем

посредством управления перетоком мощности по межсистемной связи, если управлять ее выключателем, передавая мощность только в одном направлении, т.е. на межсистемной связи необходимо установить устройство управления (УУ), действующее на отключение/включение линейного выключателя ВЛ либо специально устанавливаемого.

Алгоритм управления выключателем может быть сформирован на основе анализа характеристик асинхронного хода по ВЛ, представленных на приведенных характеристиках. Признаком первого отключения ВЛ является смена знака мощности $P_{л}$ с плюса на минус (рис. 5) при превышении соответствующих уставок током ВЛ и глубиной снижения напряжения (рис. 4). Последующие включения осуществляются с учетом также условия $\Delta\omega_{AB} > \Delta$, где $\Delta\omega_{AB}$ есть производная угла сдвига между векторами напряжений U_A и U_B по концам ВЛ при отключенном выключателе.

Включение выключателя осуществляется при значениях угла сдвига векторов U_A и U_B , равном нулю (360°), что нетрудно измерить при отключенном выключателе ВЛ.

На рис. 7 представлены характеристики углов сдвига роторов генераторов, полученные расчетом с учетом управления для тех же исходных условий, что и при рассмотрении предыдущего режима. Их анализ показывает, что при управлении перетоком активной мощности по связи успешная ресинхронизация происходит через 4,5 с. Следовательно, условия для сохранения устойчивости в узлах нагрузки (подстанции вдоль линии связи) улучшаются.

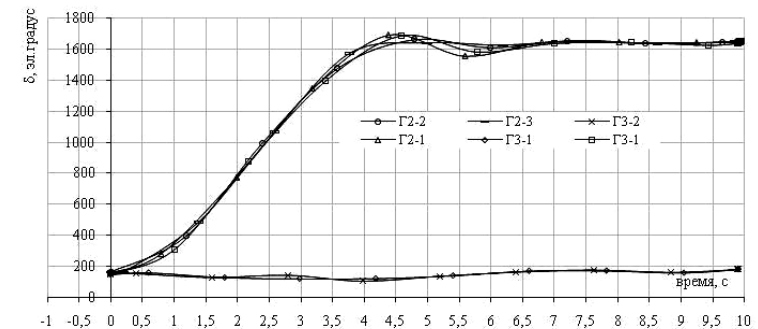


Рисунок 7 – Углы сдвига роторов генераторов относительно базисного узла

Возникшие после возмущения колебательные отклонения напряжения по межсистемной связи быстро прекращаются (рис. 8).

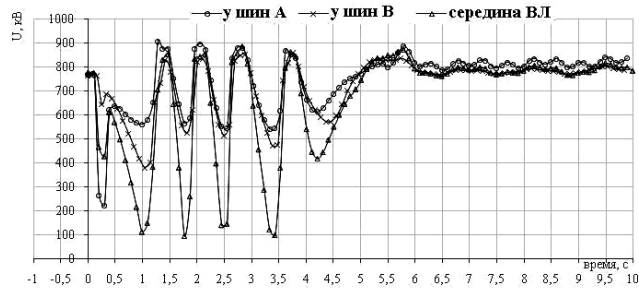


Рисунок 8 – Напряжение по концам и в середине межсистемной связи ВЛ

Расхождение частот подсистем не превышает 3 Гц при асинхронном ходе (рис.10).

Анализ характеристик на рис. 9 показывает, что переток мощности по межсистемной связи осуществляется только в одном направлении – от энергоизбыточной подсистемы А в энергодефицитную В.

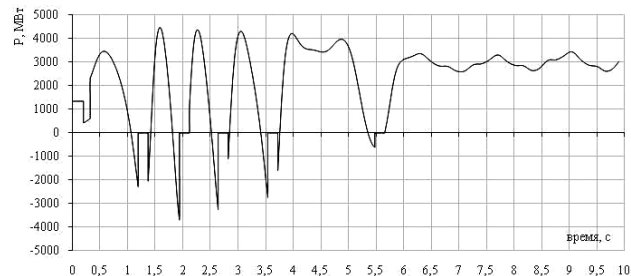


Рисунок 9 – Передаваемая мощность по межсистемной связи ВЛ

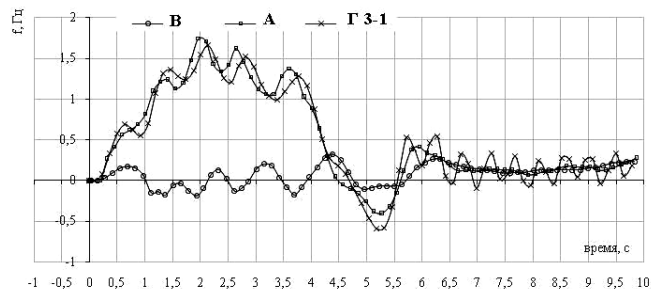


Рисунок 10 – Частота в узлах подсистем

Наличие всплесков мощности в отрицательной области значений перетока мощности на рис. 9 означают, что учитывается запаздывание в действии устройств управления при отключении выключателя. Однако такое запаздывание можно устранить, совершенствуя алгоритм управления (в данном случае он был сформирован далеко не оптимальным), а также повышая быстродействие коммутационной аппаратуры УУ, т.е. выключателя.

ВЫВОДЫ

Одним из вариантов предотвращения асинхронного хода в межсистемных связях является применения дискретного управления перетоком мощности (отключение/переключение неустойчивых участков сети).

Развязка колец, возникающих при развитии объединенной системы, в которых могут циркулировать большие неуправляемые потоки мощности.

Для обеспечения устойчивости ЭЭС важно обеспечить надежный алгоритм работы системы и принять меры как в отношении САУ, так и в быстродействии коммутационной аппаратуры, для обеспечения для своевременного отключения нерегламентированных перетоков мощности.

Или, как вариант, для погашения дефицита желательно иметь резервные высокоманевренные газотурбинные электростанции. Для этого газотурбинные установки запада и юго-запада Казахстана желательно перевести из основной части графика электрических нагрузок в пиковый.

Высокоэффективным вариантом управления трансграничными системами является – создание «шин постоянного тока», т.н. вставок постоянного тока [2, 5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кайдар, А. Б., Кислов, А. П., Марковский, В. П., Волгин, М. Е., Шапкенов, Б. К. Системное регулирование энергопотребления для оптимизации параметров систем электроснабжения. Материалы международной научно-технической конференции «VI чтения Ш. Шокина», 10 октября 2014. – С. 67-70. – ISBN 978-601-238-128-3.

2 Иванова, Е. В., Шапкенов, Б. К., Кайдар, А. Б. «Актуальность внутренних и трансграничных межсистемных связей для энергетики Казахстан». Наука и образование в XXI веке: динамика развития в евразийском пространстве. Материалы III междунар. научно-практич. конф. Инновационный Евразийский университет, Павлодар, 2012. – Т.2. – С. 41-45.

3 Нейросетевое моделирование электрических нагрузок для оперативного прогнозирования и управления режимами электроэнергетических систем. Б. К. Шапкенов, Е. В. Иванова, А. Б. Кайдар, А. Е. Вахитов. Энергетическое обследование как первый этап реализации концепции энергосбережения: материалы Международной молодежной конференции/ Национальный

исследовательский Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во ООО «СПБ Графика», 2012. – С. 341-345.

4 **Шапкенов, Б. К., Иванова, Е. В., Кайдар, А. Б.** Межсистемные связи для энергетики Казахстана. Материалы XIV Международную научно-практическую конференцию аспирантов, студентов и молодых ученых «Теоретические знания – в практические дела». Филиал ФГБОУ ВПО «МГУТУ имени К. Г. Разумовского» в г. Омске 22 – 27 апреля 2013. – С. 32-39. mgutu-omsk.

5 **Иванова, Е. В., Шапкенов, Б. К., Марковский, В. П., Кайдар, А. Б.** Внутренние и трансграничные межсистемные связи для энергетики Казахстана. Эффективное и качественное снабжение и использование электроэнергии: сборник докладов 3-й Международной научно-практической конференции в рамках выставки «Энергосбережение, отопление, вентиляция, водоснабжение» (Екатеринбург).

Материал поступил в редакцию 30.01.15.

А. П. Кислов¹, В. П. Марковский¹, А. Б. Кайдар¹, Б. К. Шапкенов¹, Н. М. Арипова²

Электрэнергетикалық жүйедегі асинхрондық жүрістің пайда болу кезіндегі белсенді қуатының ағымдарын басқаруды тиімді талдау

¹С. Торайғыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

²Иновациялық Еуразия университеті, Павлодар қ.

Материал 30.01.15 баспаға түсті.

A. P. Kislov¹, V. P. Markovsky¹, A. B. Kaidar¹, B. K. Shapkenov¹, N. M. Aripova²

Analysis of the effectiveness of the active power flows control in the event of an asynchronous course in electric power system

¹S. Toraihyrov Pavlodar State University;

²Innovative University of Eurasia, Pavlodar.

Material received on 30.01.15.

Электрэнергетикалық жүйеде асинхрондық жүріс пайда болуда аралық жүйелік байланыс бойынша ағу белсенді қуатты басқарудың тиімділіктерін талдауы берілген. Электр аралық жүйелік байланыс сызық сөндіргіш қосынды және ажырату алгоритм бойынша орындайтын басқарулар құрылымдары есепке алумен әсерлері аумалы-тоқпелі тәртіптердің есеп айырысуларының нәтижелері келтірілген.

The effectiveness analysis is given of the control of active power flows through the interconnection in the event of an asynchronous course in electric power system. There are presented the calculations results of transients in view of control device operation, which switches on and off the interconnection power line, under a given algorithm.

УДК 621.311.1

В. П. Куличенков¹, В. П. Марковский², Р. К. Султангалиев³

¹к.т. н., доцент, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь; ²к.т.н., профессор; ³магистрант, кафедра «Электроэнергетика», Павлодарский государственный университет имени С. Торайғырова, г. Павлодар

РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМ СНИЖЕНИЯ ПОТЕРЬ ЭЛЕКТРОЭНЕГИИ

В статье рассмотрены проблемы, связанные с потерями электрической энергии и мероприятия для их снижения.

Ключевые слова: потери электрической энергии, коэффициент мощности, несинусоидальность, несимметрия напряжений, трехфазный тиристорно-дроссельный стабилизатор, электромагнитное симметрирующее устройство, качество электроэнергии.

Снижение потерь электроэнергии имеет большое народно-хозяйственное значение, так как позволяет сократить потребление топлива и энергоёмкость внутреннего валового продукта.

Потребление топлива в значительной степени зависит от потерь электроэнергии. Чем больше эти потери, тем больше потребление топлива при прочих равных условиях.

По мнению международных экспертов, относительные отчетные потери электроэнергии при её передаче и распределении в электросетях можно считать удовлетворительными, если они не превышают 4-5 %. По данным, полученным в Интернете, эти потери в России составляют в среднем 12 %, а в отдельных регионах – 20 % и более. В Японии и Западной Европе – не более 6-7 %.

Виды потерь электроэнергии:

– отчетные (фактические) потери (в кВтч или в % от общего количества вырабатываемой электроэнергии),

- технологические потери (в кВтч или в % от отчетных потерь),
- коммерческие потери (в кВтч или в % от отчетных потерь).

Отчетные (фактические) потери – разность электроэнергии, поступившей в сеть и электроэнергии, отпущенной из сети. Электроэнергия, поступившая в сеть, определяется по суммарному показанию электросчетчиков, установленных у источников электроэнергии. Отпущенная из сети электроэнергия определяется по суммарному показанию электросчетчиков, установленных у потребителей электроэнергии.

Технологические потери определяются расчетным путем. Технологические потери обусловлены физическими процессами передачи и распределения электроэнергии. На технологические потери влияют: несимметрия напряжений, несинусоидальность напряжения, коэффициент мощности нагрузки у потребителей и в линиях электропередач. Несимметрию напряжений создают сами потребители при наличии однофазных нагрузок и при неравномерных нагрузках по фазам. Несинусоидальность напряжений создают сами потребители из-за наличия в них нелинейных нагрузок. Чем больше несимметрия и несинусоидальность и чем меньше коэффициент мощности тем больше потери электроэнергии.

Особо следует отметить, что в настоящее время нет достоверных данных о несимметрии и несинусоидальности напряжений при существующих методах контроля с одноразовыми измерениями.

При питании трехфазного электродвигателя от несимметричной системы напряжений в нем формируется два вращающих момента: прямой и обратный. Прямой момент вращает ротор в нужную сторону. Обратный момент тормозит ротор, за счет чего двигатель потребляет из сети дополнительную мощность, что можно рассматривать как потери электроэнергии, которые могут достигать 20 %. Кроме этого увеличиваются потери электроэнергии в самом электродвигателе на 20-40 %.

При несинусоидальности напряжения возрастают потери электроэнергии до 20 % за счет высших гармоник.

Потери электроэнергии обратно пропорциональны квадрату коэффициента мощности. Если коэффициент мощности уменьшен в 2 раза, то потери возрастут в 4 раза. Во времена СССР для крупных предприятий тариф на оплату за электроэнергию был установлен в зависимости от коэффициента мощности на этих предприятиях. При коэффициенте мощности от 0,95 до 1 был минимальный тариф и при меньшем значении возрастал в соответствии с установленными нормами. После распада СССР указанный порядок был отменен и не восстановлен до сих пор.

Технологические потери делятся на условно-постоянные (практически независимые от нагрузки) и переменные потери (зависящие от нагрузки). В технологические потери входят расходы на собственные нужды подстанции.

Условно-постоянные потери (в основном это потери в магнитопроводах трансформаторов, генераторов и электродвигателей) пропорциональны квадрату напряжения. Кроме напряжения, потери в стали зависят от частоты, гармонического состава кривой напряжения и от веса магнитопроводов. Для трансформаторов иначе эти потери еще называют потерями холостого хода. Чем больше мощность трансформатора, тем больше вес его магнитопровода и соответственно больше потери в стали.

Переменные потери пропорциональны квадрату тока. Эти потери имеют место в проводах трансформаторов, генераторов, электродвигателей и линиях электропередач.

Коммерческие потери вычисляются как разность отчетных и технологических потерь. Эти потери подразделяются на потери, связанные с ошибками при учете электроэнергии, и хищение электроэнергии.

Есть еще скрытые с точки зрения энергетической отрасли потери электроэнергии. Дело в том, что на многих промышленных предприятиях большое количество устаревшего оборудования с низким коэффициентом полезного действия (КПД), поэтому у этих предприятий большие потери и затраты электроэнергии на единицу продукции. Эти предприятия оплачивают энергетикам за потребляемую электроэнергию, но на выработку электроэнергии, включая потери электроэнергии на промышленных предприятиях затрачиваются энергоносители. Поэтому решить проблему по снижению затрат энергоносителей одними мерами энергетической отрасли, без наведения должного порядка у потребителей, невозможно.

Таким образом, для снижения потерь электроэнергии надо повышать коэффициент мощности, снижать несинусоидальность и несимметрию напряжений, уменьшать коммерческие потери и увеличивать КПД оборудования у потребителей.

Следует отметить, что в электрических линиях формируются две реактивных мощности: пропорциональная квадрату напряжения ёмкостная и пропорциональная квадрату тока индуктивная. Первая преобладает в линиях 330-750 кВ, вторая – в низковольтных линиях.

Мероприятия по увеличению коэффициента мощности

До развала СССР для компенсации реактивной (индуктивной) мощности применялись конденсаторы со ступенчатой системой регулирования, при которой возможна перекомпенсация, которая также как и недокомпенсация не желательна.

Во времена СССР были разработаны устройства, которые позволяют обеспечить коэффициент мощности равным единице независимо от характера нагрузки (активно-индуктивная или активно-емкостная). На рисунке 1 показана схема силовой части такого устройства.

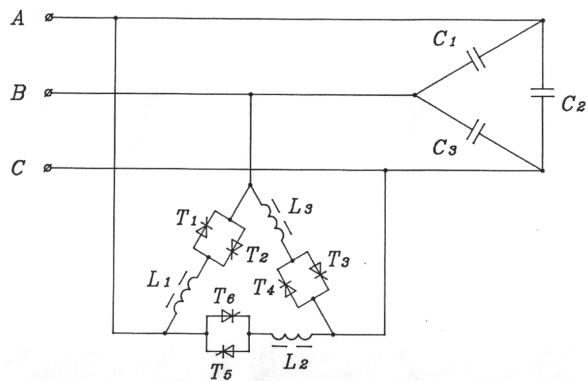


Рисунок 1 – Силовая схема тиристорного компенсатора реактивной энергии

В этом устройстве при перекомпенсации реактивной индуктивной мощности автоматически открываются тиристоры T_1 - T_6 и система управления обеспечивает поддержание коэффициента мощности равным единице. При недокомпенсации индуктивной мощности тиристоры закрываются и компенсация обеспечивается конденсаторами C_1 - C_3 .

В настоящее время в России используется система повышения коэффициента мощности, в которой предусмотрено применение управляемых шунтирующих реакторов (УШР) в сетях 330-750 кВ и тиристорных компенсаторов (реакторы и емкости) в сетях 10-35 кВ. Это позволяет уменьшить потери электроэнергии и увеличить передаваемую по ЛЭП мощность.

На рисунке 2 показана упрощенная схема УШР с подмагничиванием постоянным током.

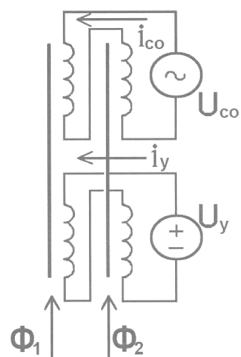


Рисунок 2 – Упрощенная схема УШР

На рисунке 3 показана силовая схема подстанции, на которой компенсация ёмкостной реактивной мощности осуществляется с помощью управляемого подмагничиванием шунтирующего реактора УШР, тиристорного компенсатора ТК и конденсаторной батареи КБ для компенсации реактивной мощности (индуктивной и ёмкостной).

Управляемые шунтирующие реакторы (УШР) – наиболее широко внедряемые устройства. УШР обеспечивают плавное регулирование напряжения и ёмкостной реактивной мощности в режиме реального времени.

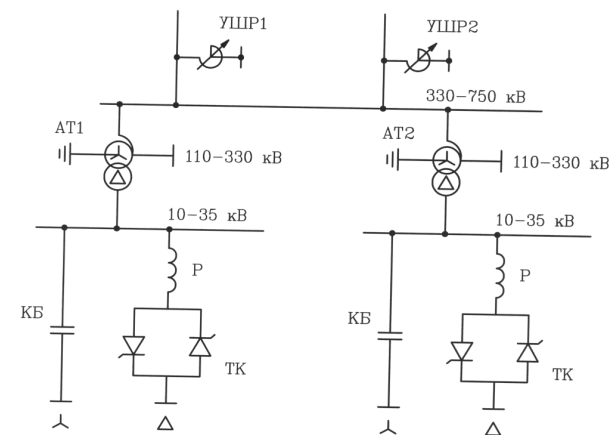


Рисунок 3 – Силовая схема подстанции. УШР – управляемый шунтирующий реактор, АТ – автотрансформатор или трансформатор, КБ – конденсаторная батарея, Р – реактор, ТК – тиристорный компенсатор.

Мероприятия по снижению несинусоидальности

1) Применение оборудования с улучшенными энергетическими характеристиками (ненасыщающиеся трансформаторы, многофазные выпрямители с высокой частотой пульсаций и оборудование с пониженным уровнем генерации высших гармоник).

2) Подключение к мощному источнику питания (генератору или трансформатору), у которого мощность должна быть как минимум в 10 раз больше мощности нелинейной нагрузки.

3) Питание нелинейной нагрузки от отдельного трансформатора. В этом случае остальная нагрузка, для которой нежелательно искажение формы кривой напряжения, должна питаться от отдельного источника.

4) Снижение сопротивления участка питающей сети путем уменьшения длины или увеличения сечения проводов.

5) Применение электрического фильтра, у которого L-C цепочки настраиваются на частоту конкретной гармоники и замыкают её, не пропуская в нагрузку.

На рисунке 4 показана схема одной фазы электрического фильтра.

Для трехфазной нагрузки должно быть три таких фильтра. В этом случае не нужна цепочка фильтра на третью гармонику, так как гармоники кратные трем совпадают по фазе и будут отсутствовать в линейных напряжениях.

Для однофазной сети должна быть цепочка фильтра на третью гармонику.

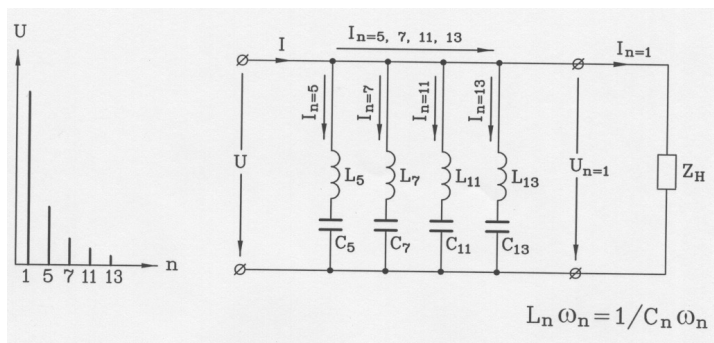


Рисунок 4 – Схема одной фазы электрического фильтра.

U – несинусоидальное напряжение, I – несинусоидальный ток, L – индуктивность, C – ёмкость, n – номер гармоники, ω – угловая частота, Z_H – сопротивление нагрузки

Мероприятия по снижению несимметрии напряжений

1) Питание трехфазных электродвигателей от отдельного фидера. В этом случае вся однофазная нагрузка питается от отдельной сети.

2) Применение симметрирующих устройств (трехфазных стабилизаторов напряжения). Эти устройства могут быть электромагнитные или трехфазные тиристорно-дрессельные.

Трехфазный тиристорно-дрессельный стабилизатор

На рисунке 5 показана силовая схема трехфазного тиристорно-дрессельного стабилизатора.

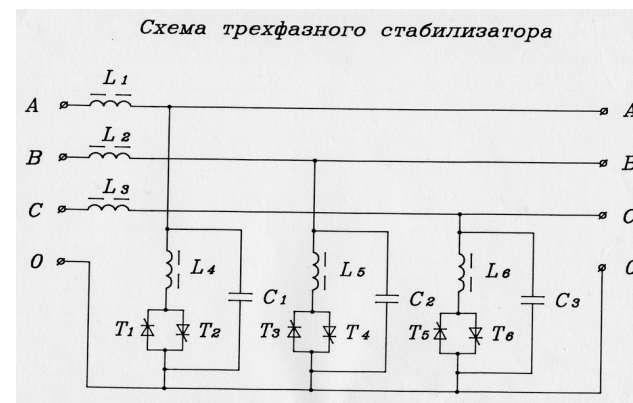


Рисунок 5 – Силовая схема трехфазного стабилизатора. L_1, L_2, L_3 – входные индуктивности; L_4, L_5, L_6 – индуктивности регулятора; C_1, C_2, C_3 – ёмкости регулятора; $T_1, T_2, T_3, T_4, T_5, T_6$ – тиристоры

Система управления работает для каждой фазы отдельно.

При пониженном входном напряжении тиристоры закрываются и напряжение на выходе повышается за счет резонанса входных индуктивностей и ёмкостей.

При повышенном входном напряжении индуктивности регулятора компенсируют ёмкости. В этом случае входные индуктивности и индуктивности регулятора работают в режиме делителя напряжения, что обеспечивает снижение напряжения на выходе.

Электромагнитное симметрирующее устройство

В четырехпроводных электрических сетях 0,38 кВ России и других стран СНГ в основном используются трансформаторы со схемой соединения обмоток «звезда-звезда-ноль» Y/Y_n . Однако эти самые дешевые в изготовлении трансформаторы в эксплуатации экономичны лишь при симметричной нагрузке фаз. Реально в сетях с большим удельным весом однофазных нагрузок равномерность их подключения во времени пофазно нарушается и потери электрической энергии в таких трансформаторах резко возрастают. Лучше ситуация при применении трансформаторов со схемой «звезда-зигзаг-ноль» (Y/Z_n), но они значительно дороже. Для устранения указанных недостатков разработано и всё более активно начинает применяться специальное симметрирующее устройство (СУ), которое встраивается в трансформатор со схемой Y/Y_n .

Симметрирующее устройство представляет собой отдельную обмотку, уложенную в виде бандажа поверх обмоток высокого напряжения трансформатора со схемой соединения обмоток Y/Y_n (рисунок 6). Обмотка

симметрирующего устройства рассчитана на длительное протекание номинального тока трансформатора, т.е. на полную номинальную однофазную нагрузку.

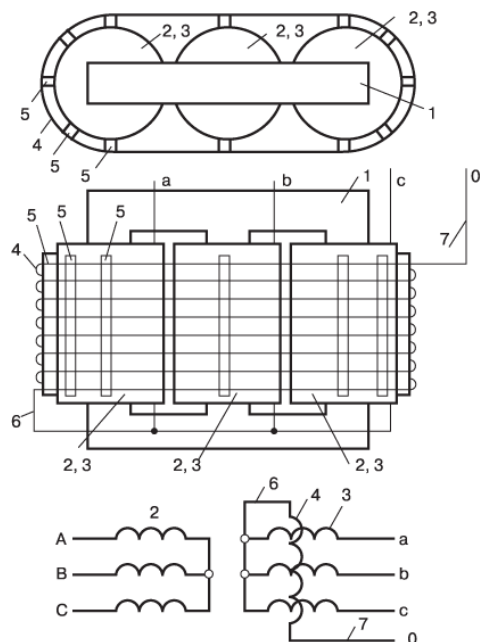


Рисунок 6 – Электромагнитное симметрирующее устройство.

1. Трехстержневой магнитопровод трехфазного трансформатора.
2. Обмотки высокого напряжения.
3. Обмотки низкого напряжения.
4. Обмотка из компенсационных витков.
5. Дистанционные клинья.
6. Конец компенсационной обмотки, подключаемой к нейтрали обмоток низкого напряжения.
7. Конец компенсационной обмотки, который выводится наружу.

Трансформаторы с СУ улучшают работу защиты и повышают безопасность работы электрической сети. В них резко снижено разрушающее воздействие на обмотки при однофазных коротких замыканиях.

СУ значительно улучшает синусоидальность формы кривой изменения напряжения при наличии в сети нелинейных нагрузок, что крайне важно при питании многих чувствительных приборов, таких как телевизоры, автоматика, компьютеры.

Трансформаторы со схемой соединения обмоток У/Ун с СУ имеют ту же нулевую группу, что и трансформаторы со схемой соединения обмоток У/Ун без СУ. Это позволяет использовать их в одних и тех же сетях. В этих трансформаторах не возникает перегрева токами нулевой последовательности при неравномерной нагрузке фаз и при суммарной мощности нагрузки, равной или ниже номинальной, что существенно сокращает потери электроэнергии. Устраняя нулевое смещение, СУ обеспечивает равномерность фазовых напряжений при несимметричной нагрузке, что снижает шум работы трансформатора, улучшает синусоидальность кривой напряжения при наличии нелинейных приборов (люминесцентных ламп, выпрямителей, сварочных аппаратов), а при коротком замыкании одной из фаз поддерживает напряжение на других в приемлемых границах. Таким образом, трансформаторы с СУ комплексно улучшают характеристики сети, что ведет к продлению срока службы электрических машин, ламп, автоматики и бытовой техники.

Минский электротехнический завод поставляет трансформаторы с СУ, работающие с напряжением 6-10/0,4 кВ (мощности 25, 40, 63, 100, 160 и 250 кВА).

СУ сокращает потери электроэнергии в самих трансформаторах и в электросети.

Внедрение на крупных предприятиях анализаторов качества электроэнергии

Необходимость в анализаторах качества электроэнергии совершенно очевидна. Дело в том, что в настоящее время нет достоверной информации о значениях коэффициента мощности, несинусоидальности и несимметрии напряжений. Отсутствие этой информации не дает возможности качественно анализировать эти показатели и намечать меры по снижению потерь электроэнергии на крупных предприятиях. В настоящее время имеется значительное количество анализаторов качества электроэнергии. Их можно найти в Интернете.

В качестве примера рассмотрим анализатор прибор ЭМ-3.2, как наиболее подходящий для указанных целей.

Прибор ЭМ-3.2 может быть использован автономно или в составе информационно-измерительных систем АСКУЭ.

Прибор ЭМ-3.2 обеспечивает непрерывное измерение, расчет и накопление (с последующей передачей на ПК) основных показателей качества электроэнергии (ПКЭ) по ГОСТ13109-97 и других параметров электрической энергии в диапазонах и с пределами допускаемых основных погрешностей измерения. Всего этот прибор обеспечивает анализ 31 параметра электроэнергии. Ниже указаны те параметры, которые

необходимы при подготовке мероприятий по снижению технологических потерь электроэнергии:

- коэффициент несимметрии напряжения по обратной последовательности (K_{2U}) и по нулевой последовательности (K_{0U}) от 0 до 50 %;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения (K_U) от 0 до 50 %;
- коэффициент n -ой гармонической составляющей напряжения, n от 2 до 40 ($K_{U(n)}$), от 0 до 50 %;
- напряжение прямой последовательности ($U_{1(1)}$), нулевой последовательности ($U_{0(1)}$) и обратной последовательности ($U_{2(1)}$), В от 0 до $1,2 U_H$;
- коэффициент мощности (K_p) от -1 до +1;
- коэффициент искажения синусоидальности кривой тока (K_I) от 0 до 50 %;
- коэффициент n -ой гармонической составляющей тока, n от 2 до 40 ($K_{I(n)}$), от 0 до 50 %;
- ток прямой последовательности ($I_{1(1)}$), нулевой последовательности ($I_{0(1)}$) и обратной последовательности ($I_{2(1)}$), А от 0 до I_H .

Интервал усреднения параметров - 1 минута. Глубина регистрации 512 суток.

Внедрение АСКУЭ

Одним из мероприятий по снижению потерь электроэнергии является внедрение автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии в процессе производства, передачи, распределения, сбыта и потребления.

Мероприятия по снижению коммерческих потерь

Для уменьшения коммерческих потерь электроэнергии в России, Украине и нашей республике начинается следующая работа: вынос электросчетчиков на фасад здания и в надежно защищенных ящиках с надежным заземлением и устройством быстрого отключения при попадании человека под напряжение; замена ввода в здание на изолированные провода; даже замена всей линии 0,4 кВ тоже на изолированные провода; учет электроэнергии по отдельным фидерам, что дает возможность установить разницу количества электроэнергии, поступающей от подстанций в фидера, и отпущенной и оплаченной потребителями; применение приборов по обнаружению скрытой проводки для определения потребления электроэнергии мимо электросчетчика; применение токовых клещей для измерения тока у потенциальных расхитителей электроэнергии.

В «ЗИП-Научприбор» (Россия) разработаны и выпускаются электроизмерительные приборы, позволяющие выявить хищение электроэнергии и токи утечки.

Автономный индикатор сетевого тока «АИСТ» ЭИ3008М предназначен для определения токовой нагрузки на электрических вводах 220-380В переменного тока частотой 50Гц индивидуальных жилых домов без разрыва токовых цепей.

Сравнение значений тока в фазном и нулевом проводах на вводе, определенных с помощью индикатора, позволяет сделать вывод о возможном хищении электроэнергии на объекте или какой либо неисправности в электрических цепях. Для кабеля: величина тока при охвате кабеля магнитопроводом показывает величину хищения, отсутствие тока – отсутствие хищения.

Индикатор обеспечивает возможность измерения тока без разрыва цепей на высоте до 7,5 м от уровня земли. Конструктивно индикатор состоит из четырех стеклопластиковых штанг сочленяющихся друг с другом при помощи разъемов. На верхней штанге расположен разъемный магнитопровод, охватывающий провод, ток в котором необходимо измерить. На нижней штанге расположен измерительный прибор, фиксирующий значения тока.

В качестве измерительного прибора использован цифровой мультиметр, имеющий функцию запоминания, полуавтоматический выбор пределов измерения.

Измерение переменного тока до 400А с точностью измерения – 3 %. Измерение напряжения переменного и постоянного токов до 600В с точностью измерения 2 %; измерение сопротивления – до 20 МОм. Прозвонка электрических цепей.

Питание: два элемента типа ААА по 1,5 В. Условия эксплуатации: температура от – 10°С до +40°С, относительная влажность воздуха 80 % при +25°С. Габаритные размеры в рабочем положении 6600х70х80мм. Габаритные размеры в походном положении (чехле) 1700х100х70мм. Изготовитель – ЗИП-Научприбор.

Индикатор «ПОИСК» ЭИ3007М предназначен для поиска скрытых под слоем штукатурки, деревянными панелями токовых цепей (фазного провода) 220В переменного тока частотой 50Гц в жилых домах и других коммунально-бытовых зданиях и сооружениях.

Обеспечивает обнаружение провода под напряжением, расположенного на расстоянии до 1 м (при максимальной чувствительности). Точность обнаружения – ± 2,5 см (при минимальной чувствительности). Нахождение провода отмечается световым и звуковым сигналом. В схему включен полосовой фильтр 45-65 Гц, обеспечивающий более точное нахождение скрытого (замаскированного) провода. В качестве источника электропитания использован элемент питания «Крона».

Условия эксплуатации: температура от -10°С до +45°С, относительная влажность воздуха 80 % при +25°С.

Габаритные размеры – 205х47х20 мм, масса 0,15 кг. ТУ 4224-023-05766445-98. Изготовитель – ЗИП-Научприбор.

Клещи электроизмерительные КТ-1000

Клещи КТ-1000 предназначены для определения величины постоянного и переменного тока от 0 до 1000 А промышленной частоты, а также

напряжения постоянного и переменного тока от 0 до 1000 В как в воздушных линиях, так и в распределительных устройствах без разрыва токовой цепи.

Технические характеристики:

- Диапазон определения величины тока, А: 0-1000
- Диапазон определения величины напряжения, В: 0-1000
- Рабочая температура: – 40; +40°С
- Погрешность (при определении величины напряжения), %: 1
- Погрешность (при определении величины тока), %: 1,5
- Ток потребления указателя, мА: 25
- Габаритные размеры, мм: 430x130x60
- Масса, кг: 0,6.

Замена электросчетчиков индукционного типа на электросчетчики электронные

В настоящее время появилась необходимость заменять электросчетчики индукционного типа на электронные. Это позволит уменьшить коммерческие потери электроэнергии. Дело в том, что при длительном сроке эксплуатации электросчетчики индукционного типа занижают показания до 20 %.

На смену электромеханическим счётчикам индукционного типа, широко используемым в сетях переменного тока, приходят электронные (статические) счётчики, которые строятся на основе достижений микроэлектроники и смежных областей. Новые счётчики компактны, надёжны, обеспечивают более высокую точность измерений (классы точности 0,2 S и 0,5 S) и, кроме того, обладают дополнительными функциями. Счётчики способны работать в широком диапазоне частот, начиная от 0 Гц, то есть не только в цепях переменного (разных частот), но и постоянного тока.

Вынос электросчетчиков на фасад и за предела здания

Это мероприятие позволяет исключить хищение электроэнергии, так как электросчетчик надежно защищается от посторонних лиц. В качестве выносных устройств обычно применяют шкафы (щитки). Для многоквартирного дома в шкафу должен быть суммирующий счетчик электроэнергии при сохранении электросчетчика в каждой квартире. На основании разницы показаний электросчетчиков можно будет наметать мероприятия по обнаружению и наказанию физических и юридических лиц, занимающихся хищением электроэнергии.

Учет электроэнергии по отдельным фидерам

Это мероприятие позволит определить разницу в количестве электроэнергии, фактически отпущенной потребителям и учтенной на подстанции, и количестве электроэнергии, учтенной и оплаченной по фидерам. На основании этой разницы можно будет определить расхитителей электроэнергии.

Мероприятия по снижению потерь электроэнергии

1. Замена оборудования с низким КПД на оборудование с высоким КПД.
2. Внедрение частотного регулируемого электропривода.
3. Замена в освещении ламп накаливания на энергосберегающие и светодиодные лампы.
4. Решением Правительств стран СНГ возобновить учет коэффициента мощности, при этом восстановить тарифы оплаты за электроэнергию в зависимости от этого коэффициента.
5. Решением Правительств стран СНГ обязать крупные предприятия приобретать анализаторы качества электроэнергии и отчитываться за несинусоидальность и несимметрию напряжений с целью принятия мер по снижению потерь электроэнергии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куличенков, В. П. Потери электроэнергии и мероприятия по их снижению. Международный издательский дом LAMBERT Academic Publishing (Германия). Монография на русском языке. 2013 год.
- 2 Статьи из Интернета.

Материал поступил в редакцию 16.01.15.

В. П. Куличенков¹, В. П. Марковский², Р. К. Султангалиев²

Электрэнергия шығынын төмендету мәселелерін шешу

¹Беларуссия ұлттық техникалық университеті, Минск қ.;
²С. Торағыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 16.01.15 баспаға түсті.

V. P. Kulichenkov¹, V. P. Markovsky², R. K. Sultangaliev²

Solution of problems of decrease of the electric power's losses

¹Belarusian National Technical University, Minsk;

²S.Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 16.01.15.

Мақалада электр энергиясының шығындарымен байланысты және оларды төмендетуге арналған іс-шаралар мәселелері қарастырылған.

The article considers the problems associated with the loss of electricity and measures for their reduction.

В. П. Куличенков¹, В. П. Марковский²

¹к.т.н., доцент, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь; ²к.т.н., профессор, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

УМЕНЬШЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ТОПЛИВА ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ТЕПЛОВЫХ НАСОСОВ

В статье рассматриваются перспективы применения тепловых насосов для уменьшения потребления топливных ресурсов.

Ключевые слова: топливный насос, низкопотенциальная тепловая энергия, схема теплоснабжения, энергоёмкость внутреннего валового продукта, холодильная машина, конденсатор, дроссель, испаритель, компрессор.

Тепловой насос – устройство для переноса тепловой энергии от источника низкопотенциальной тепловой энергии (с низкой температурой) к потребителю (теплоносителю) с более высокой температурой. Термодинамически тепловой насос представляет собой обращённую холодильную машину. Если в холодильной машине основной целью является производство холода путём отбора теплоты из какого-либо объёма испарителем, а конденсатор осуществляет сброс теплоты в окружающую среду, то в тепловом насосе картина обратная. Конденсатор является теплообменным аппаратом, выделяющим теплоту для потребителя, а испаритель – теплообменным аппаратом, утилизирующим низкопотенциальную теплоту.

Тепловой насос с гидравлической обвязкой (насосами, теплообменниками, запорной арматурой и т. д.) называют теплонасосной установкой.

Общие сведения

Эффективность тепловых насосов принято характеризовать величиной безразмерного коэффициента трансформации энергии K_{tr} , определяемого для идеального цикла Карно по следующей формуле:

$$K_{tr} = \frac{T_{out}}{T_{out} - T_{in}}$$

где T_{out} , T_{in} – температуры соответственно на выходе и на входе насоса.

Эта величина зависит от разности уровня температур в испарителе и конденсаторе: чем больше эта разность, тем меньше величина эффективности.

Реальный коэффициент трансформации отличается от идеального, описанного указанной формулой, на величину коэффициента h ,

учитывающего степень термодинамического совершенства и необратимые потери энергии при реализации цикла. В общем случае степень термодинамического совершенства теплонасосных систем теплоснабжения h зависит от многих параметров, таких, как: мощность компрессора, качество производства комплектующих теплового насоса и необратимых энергетических потерь, которые, в свою очередь, включают: потери тепловой энергии в соединительных трубопроводах; потери на преодоление трения в компрессоре; потери, связанные с неидеальностью тепловых процессов, протекающих в испарителе и конденсаторе, а также с неидеальностью теплофизических характеристик хладагентов; механические и электрические потери в двигателях и прочее.

Как и холодильная машина, тепловой насос потребляет энергию на реализацию термодинамического цикла (привод компрессора). Коэффициент преобразования теплового насоса – отношение теплопроизводительности к электропотреблению – зависит от уровня температур в испарителе и конденсаторе и колеблется в различных системах в диапазоне от 2,5 до 5, то есть, на 1 кВт затраченной электрической энергии тепловой насос производит от 2,5 до 5 кВт тепловой энергии. Экономия энергетических ресурсов достигает 70 %. Температурный уровень теплоснабжения от тепловых насосов до 50-55 °С, а в некоторых случаях до 63 °С. Для многих потребителей требуется температура теплоносителя не менее 95 °С, поэтому есть ограничения в применении тепловых насосов в централизованных системах теплоснабжения при большой протяженности тепловых сетей. В этом случае требуется дополнительный источник тепла.

Промышленность технически развитых стран выпускает широкий ассортимент парокompрессионных тепловых насосов тепловой мощностью от 5 до 1000 кВт.

На рисунке 1 приведена упрощенная схема компрессионного теплового насоса.

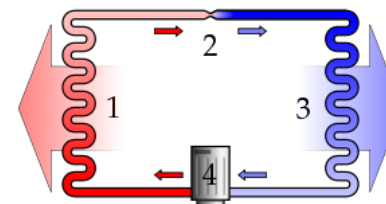


Рисунок 1 – Упрощенная схема компрессионного теплового насоса

1) конденсатор, 2) дроссель, 3) испаритель, 4) компрессор

На рисунке 2 приведена принципиальная схема теплоснабжения с использованием теплового насоса.

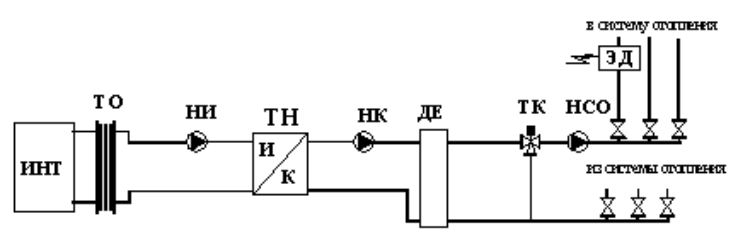


Рисунок 2 - Принципиальная схема теплоснабжения с использованием теплового насоса

Условные обозначения к рисунку:

ДЕ – демпфирующая емкость,

ИНТ – источник низкотемпературной теплоты,

НИ – насос испарителя,

НК – насос конденсатора,

НСО – насос системы отопления,

ТК – трехходовой клапан,

ТН – тепловой насос (К и И – стороны конденсатора и испарителя),

ТО – теплообменник,

ЭД – электрический нагреватель (доводчик).

На рисунке 3 приведен общий вид теплового насоса.

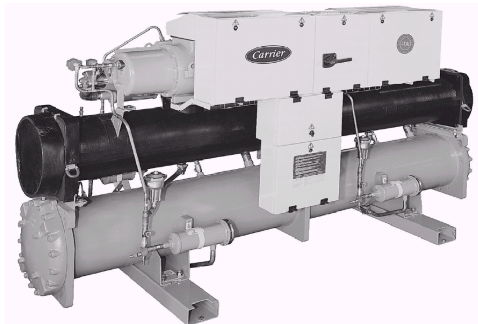


Рисунок 3 – Общий вид теплового насоса

Эффективность

В процессе работы компрессор потребляет электроэнергию. Соотношение вырабатываемой тепловой энергии и потребляемой электрической называется коэффициентом преобразования теплоты и служит ещё одним показателем эффективности теплового насоса (наряду с коэффициентом трансформации энергии).

Тепловой насос должен использовать по возможности большее количество источника низкопотенциального тепла, не стремясь добиться его сильного охлаждения. В самом деле, при этом растёт эффективность теплового насоса, поскольку при слабом охлаждении источника тепла не происходит значительного роста разницы температур. По этой причине тепловые насосы делают так, чтобы масса низкотемпературного источника тепла была значительно большей, чем нагреваемая масса.

Отличие теплового насоса от топливных источников тепла состоит в том, что для работы, кроме энергии для компрессора, ему нужен также источник низкопотенциального тепла, в то время как в традиционных источниках тепла вырабатываемое тепло зависит исключительно от теплотворной способности топлива.

Проблема привязки теплового насоса к источнику низкопотенциального тепла, имеющего большую массу может быть решена введением в тепловой насос системы массопереноса, например, системы прокачки воды. Так устроена система центрального отопления Стокгольма.

В зависимости от эффективности время окупаемости теплового насоса находится в пределах от 3 до 15 лет. Чем больше эффективность, тем меньше время окупаемости.

Условный КПД тепловых насосов

Применение тепловых насосов для обогрева помещений эффективнее отопительных газовых котлов, при этом можно получить экономию газа до 3-5 раз в сравнении с газовыми котлами. Однако даже современные парогазотурбинные установки на электростанциях выделяют большое количество тепла, что и используется в когенерации. Тем не менее, при использовании электростанций, которые не генерируют попутное тепло (солнечные батареи, ветряные электростанции, топливные элементы) применении тепловых насосов также более эффективно, чем использование электронагревательных приборов.

В действительности приходится учитывать накладные расходы по передаче, преобразованию и распределению электроэнергии (то есть услуги электрических сетей). Стоимость теплового насоса примерно 1 тысяча долларов на 1 кВт вырабатываемой тепловой мощности.

Типы тепловых насосов

Основу эксплуатируемого сегодня в мире парка теплонасосного оборудования составляют парокompрессионные тепловые насосы, но применяются также и абсорбционные, электрохимические и термоэлектрические. Компрессионные тепловые насосы всегда приводятся в действие с помощью механической энергии или электроэнергии). В зависимости от источника отбора тепла тепловые насосы подразделяются на геотермальные (используют тепло земли, наземных либо подземных грунтовых вод), водяные, воздушные.

Геотермальные могут быть:

а) замкнутого типа

– горизонтальные (коллектор размещается кольцами или извиристо в горизонтальных траншеях ниже глубины промерзания грунта (обычно от 1,20 м и более). Такой способ является наиболее экономически эффективным для жилых объектов при условии отсутствия дефицита земельной площади под контур);

– вертикальные (коллектор размещается извиристо либо кольцами в водоеме (озере, пруде, реке) ниже глубины промерзания. Это наиболее дешевый вариант, но есть требования по минимальной глубине и объему воды в водоеме для конкретного региона);

б) открытого типа

Подобная система используется в качестве теплообменной жидкости воду, циркулирующую непосредственно через систему геотермального теплового насоса в рамках открытого цикла, то есть, вода после прохождения по системе возвращается в землю. Этот вариант возможно реализовать на практике лишь при наличии достаточного количества относительно чистой воды и при условии, что такой способ использования грунтовых вод не запрещен законодательством. В водяных источниках отбора тепла является вода. В воздушных источниках отбора тепла является воздух. Есть ещё тепловые насосы, использующие производное (вторичное) тепло (например, тепло трубопровода центрального отопления). Подобный вариант является наиболее целесообразным для промышленных объектов, где есть источники паразитного тепла, которое требует утилизации.

Типы промышленных моделей

По виду теплоносителя во входном и выходном контурах насосы делят на шесть типов: «грунт–вода», «вода–вода», «воздух–вода», «грунт–воздух», «вода–воздух», «воздух–воздух». Значительная часть выходящих на рынок тепловых насосов используют тепло выпускаемого из помещения воздуха.

Отбор тепла от воздуха

Эффективность и выбор определённого источника тепловой энергии сильно зависят от климатических условий, особенно, если источником отбора тепла является атмосферный воздух. По сути этот тип более известен в виде кондиционера. В жарких странах таких устройств десятки миллионов. Для северных стран наиболее актуален именно обогрев зимой. В системе «воздух-воздух» желательно использовать входящий воздух при положительных температурах. При низких температурах эффективность резко падает. При сильных морозах нужно дополнительное отопление.

Отбор тепла от горной породы

Самые эффективные, но и самые дорогие схемы предусматривают отбор тепла от грунта, чья температура не меняется в течении года уже на глубине нескольких метров, что делает установку практически независимой

от погоды. По данным 2006 года, в Швеции полмиллиона таких установок, в Финляндии – 50 000, в Норвегии устанавливалось в год 70 000. Скальная порода требует бурения скважины на достаточную глубину (100–200 метров) или нескольких таких скважин. В скважину опускается U-образный груз с двумя пластиковыми трубками, составляющими контур. Трубки заполняются антифризом. По экологическим соображениям это 30% раствор этилового спирта. Скважина заполняется грунтовыми водами естественным путём, и вода проводит тепло от камня к теплоносителю. При недостаточной длине скважины или попытке получить от грунта сверхрассчётную мощность эта вода и даже антифриз могут замёрзнуть что и ограничивает максимальную тепловую мощность таких систем. Именно температура возвращаемого антифриза и служит одним из показателей для схемы автоматики. Ориентировочно на 1 погонный метр скважины приходится в год 50–60 кВт.ч тепловой энергии. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходима скважина глубиной около 170 м. Нецелесообразно бурить глубже 200 метров, дешевле сделать несколько скважин меньшей глубины через 10–20 метров друг от друга. Почти все имеющиеся на рынке установки работают и летом, при этом тепло (по сути солнечная энергия) отбирается из воздуха и рассеивается в породе или грунтовых водах. В скандинавских странах со скальным грунтом гранит выполняет роль массивного радиатора, рассеивающего тепло летом/днём и получающего его обратно зимой/ночью. Также тепло постоянно приходит из недр Земли и от грунтовых вод.

Отбор тепла от грунта

При использовании в качестве источника тепла энергии грунта трубопровод, в котором циркулирует антифриз, зарывают в землю на 30–50 см ниже уровня промерзания грунта в данном регионе. На практике 0,7–1,2 метра. Минимальное рекомендуемое производителями расстояние между трубами коллектора – 1,5 метра, минимум – 1,2. Здесь не требуется бурение, но требуются более обширные земельные работы на большой площади, и трубопровод более подвержен риску повреждения. Эффективность такая же, как при отборе тепла из скважины. Специальной подготовки почвы не требуется. Но желательно использовать участок с влажным грунтом, если же он сухой, контур надо сделать длиннее. Ориентировочное значение тепловой мощности, приходящейся на 1 м трубопровода в год: в глине – 50–60 кВт.ч, в песке – 30–40 кВт.ч для умеренных широт, на севере цифры меньше. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходим земляной контур длиной 350–450 метров, для укладки которого потребуется участок земли площадью около 400 м² (20x20 м). При правильном расчёте контур не влияет на зелёные насаждения.

Отбор тепла от водоёма

При использовании в качестве источника тепла близлежащего водоёма контур укладывается на дно. Глубина не менее 2 метров. Коэффициент преобразования энергии тепловым насосом такой же, как при отборе тепла от грунта. Ориентировочное значение тепловой мощности на 1 м трубопровода – 30 Вт. Таким образом, для установки теплового насоса производительностью 10 кВт необходимо уложить в озеро контур длиной 300 м. Чтобы трубопровод не всплывал, на 1 пог. м устанавливается около 5 кг груза. Промышленные образцы: 70 – 80 кВт.ч/м в год.

Если тепла из внешнего контура всё же недостаточно для отопления в сильные морозы, практикуется эксплуатация насоса в паре с дополнительным генератором тепла (в таких случаях говорят об использовании бивалентной схемы отопления). Когда уличная температура опускается ниже расчётного уровня (температуры бивалентности), в работу включается второй генератор тепла чаще всего небольшой электронагреватель.

Преимущества и недостатки тепловых насосов

К преимуществам тепловых насосов в первую очередь следует отнести экономичность: для передачи в систему отопления 1 кВт.ч тепловой энергии установке необходимо затратить всего 0,2-0,35 кВт.ч электроэнергии. Так как преобразование тепловой энергии в электрическую на крупных электростанциях происходит с КПД 50 %, эффективность использования топлива при применении тепловых насосов повышается. Упрощаются требования к системам вентиляции помещений и повышается уровень пожарной безопасности. Все системы функционируют с использованием замкнутых контуров и практически не требуют эксплуатационных затрат, кроме стоимости электроэнергии, необходимой для работы оборудования.

Еще одним преимуществом тепловых насосов является возможность переключения с режима отопления зимой на режим кондиционирования летом: просто вместо радиаторов к внешнему коллектору подключаются фэн-койлы.

Тепловой насос надежен, его работой управляет автоматика. В процессе эксплуатации система не нуждается в специальном обслуживании, возможные манипуляции не требуют особых навыков и описаны в инструкции.

Важной особенностью системы является ее сугубо индивидуальный характер для каждого потребителя, который заключается в оптимальном выборе стабильного источника низкопотенциальной энергии, расчете коэффициента преобразования, окупаемости и прочего.

Теплонасос компактен (его модуль по размерам не превышает обычный холодильник) и практически бесшумен.

К недостаткам тепловых насосов, используемых для отопления, следует отнести большую стоимость установленного оборудования.

Перспективы

Для организации теплового насоса необходимы высокие первоначальные затраты: стоимость насоса и монтажа системы составляет \$300-1200 на 1 кВт необходимой мощности отопления. Срок службы 15-20 лет до капитального ремонта.

Существует и альтернативный взгляд на экономическую целесообразность установки теплонасосов. Так если установка теплонасоса производится на средства взятые в кредит, экономия от использования теплонасоса может быть меньше, чем стоимость использования кредита. Поэтому массовое использование теплонасосов в частном секторе можно ожидать, если стоимость теплонасосного оборудования будет сопоставима с затратами на установку газового отопления и подключения к газовой сети.

Ещё более многообещающей является система, комбинирующая в единую систему теплоснабжения геотермальный источник и тепловой насос. При этом геотермальный источник может быть как естественного (выход геотермальных вод), так и искусственного происхождения (скважина с закачкой холодной воды в глубокий слой и выходом на поверхность нагретой воды).

Другим возможным применением теплового насоса может стать его комбинирование с существующими системами централизованного теплоснабжения. К потребителю в этом случае может подаваться относительно холодная вода, тепло которой преобразуется тепловым насосом в тепло с потенциалом, достаточным для отопления. Но при этом вследствие меньшей температуры теплоносителя потери на пути к потребителю (пропорциональные разности температуры теплоносителя и окружающей среды) могут быть значительно уменьшены. Также будет уменьшен износ труб центрального отопления, поскольку холодная вода обладает меньшей коррозионной активностью, чем горячая.

Ограничения применимости тепловых насосов

Основным недостатком теплового насоса является обратная зависимость его эффективности от разницы температур между источником теплоты и потребителем. Это накладывает определенные ограничения на использование систем типа «воздух – вода». Реальные значения эффективности современных тепловых насосов составляют порядка 4.0 при температуре источника +7 °С. Это приводит к тому, что для обеспечения заданного температурного режима потребителя при низких температурах воздуха необходимо использовать оборудование со значительной избыточной мощностью, что сопряжено с нерациональным использованием капиталовложений (впрочем, это касается и любых других источников тепловой энергии). Решением этой проблемы является применение так называемой бивалентной схемы отопления, при которой основную (базовую) нагрузку несет тепловой насос, а пиковые нагрузки покрываются вспомогательным источником (газовый или электродкотел). Оптимальная мощность теплонасосной установки

составляет 60-70 % от необходимой установленной мощности. В этом случае тепловой насос обеспечивает не менее 95 % потребности потребителя в тепловой энергии за весь отопительный сезон. При такой схеме среднесезонный коэффициент преобразования энергии для климатических условий Центральной Европы равен порядка 3. Коэффициент использования первичного топлива для такой системы легко определить, исходя из того, что КПД тепловых электростанций составляет до 40 % (тепловые электростанции конденсационного типа) до 85 % (парогазовые электростанции). Соответственно, для рассматриваемой теплонасосной установки коэффициент использования первичного топлива лежит в пределах 120 % -165 %, что в 2-3 раза выше, чем соответствующие эксплуатационные характеристики газовых котлов (65 %) или систем центрального отопления (50..60%). Понятно, что системы, использующие геотермальный источник теплоты или теплоту грунтовых вод, свободны от этого недостатка. Следствием этого является необходимость использования низкотемпературных систем отопления (системы поверхностного нагрева типа «теплый пол», воздушные системы отопления с применением фенкойлов и т.п.). Однако это ограничение касается только устаревших радиаторных систем отопления, практически не находящих применения в современных технологиях строительства.

Основные схемы отопления с применением тепловых насосов

Стандартные объекты обогрева:

- дачи, коттеджи;
- квартиры;
- гостиницы, рестораны;
- коттеджные городки;
- офисно-торговые центры;
- производственные помещения.

В Японии ежегодно производится около 3 миллионов тепловых насосов, в США – около 1 миллиона. В Германии предусмотрена дотация за каждый кВт установленной мощности тепловых насосов. В России в Новосибирске на практически единственном в России предприятии «Энергия», производящем крупные тепловые насосы, за 10 лет произведено порядка сотни промышленных тепловых насосов.

За рубежом выгодно использовать низкопотенциальное тепло. В западных странах тепловые насосы применяются давно – и в быту, и в промышленности. Сегодня в Японии, например, эксплуатируется примерно 3 миллионов установок, в Швеции около 500 000 домов обогревается тепловыми насосами различных типов. В ЕС работает несколько десятков миллионов тепловых насосов.

ВЫВОДЫ

1. Применение тепловых насосов позволяет уменьшить потребление топлива и энергоёмкость внутреннего валового продукта.

2. В странах СНГ давно назрела задача по широкому применению тепловых насосов.

3. В странах СНГ желательно наладить серийное производство тепловых насосов. Учитывая аналогичную конструкцию холодильников и тепловых насосов, можно использовать опыт заводов холодильников.

4. Для повышения эффективности применения тепловых насосов желательно снизить для этого стоимость электроэнергии по примеру Чехии. В конечном итоге выиграют все страны СНГ за счет уменьшения потребления топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Куличенков, В. П. Потери тепловой энергии и мероприятия по их снижению. Международный издательский дом LAMBERT Academic Publishing (Германия). Монография на русском языке. – 2013.
- 2 Волон, Г. Я., Кочепасов, К. Л. Использование тепловых насосов. Журнал Э и М. – № 1. – г. Минск, 2002,
- 3 Волон, Г. Я., Кочепасов, К. Л. Использование тепловых насосов в теплоснабжении и горячем водоснабжении. Журнал Э и М. – № 2. – г. Минск, 2002,
- 4 Статьи из Интернета.

Материал поступил в редакцию 16.01.15.

В. П. Куличенков¹, В. П. Марковский²

Жылу сорғыштарды пайдалану кезіндегі отынды тұтынуды азайту

¹Беларуссия ұлттық техникалық университеті, Минск қ.

²С.Торағыров атындағы

Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

Материал 16.01.15 баспаға түсті.

V. P. Kulichenkov¹, V. P. Markovsky²

Reducing fuel consumption by using a heat pump

¹Belarusian National Technical University, Minsk;

²S.Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.

Material received on 16.01.15

Мақалада отындық ресурстарды тұтынуды азайту үшін жылу сорғыштарды қолдану келешегі қарастырылады.

The article considers the prospects for the use of heat pumps to reduce fuel consumption.

Д. Ж. Мажимова¹, В. В. Рындин²

¹дипломник кафедры механики и нефтегазового дела; ²к.т.н., профессор, кафедра механики и нефтегазового дела, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, г. Павлодар

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ MATHCAD ДЛЯ РАСЧЕТА ТРУБОПРОВОДА ЕСКЕНЕ-КУРЫК

Приведена программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, позволяющая автоматически строить QH-характеристики трубопроводов и перекачивающих станций, определять положение станций и рабочую точку системы, проводить исследование режимов работы нефтепроводов.

Ключевые слова: магистральный трубопровод, Mathcad, гидравлический расчет, насосы, нефтеперекачивающие станции, характеристики трубопровода.

Mathcad – это новое решение для ведения инженерных вычислений, которое одновременно позволяет вести сами вычисления и документировать их, существенно снижая риск появления дорогостоящих ошибок. Эта система имеет хорошо продуманные встроенные текстовый, формульный и графический редакторы. Использование Mathcad позволяет писать примечания к расчетам вдвое быстрее, но реальная ценность этого приложения – в возможности проверки и отладки. В среднем этот этап занимает при использовании приложения Mathcad в три раза меньше времени, чем в случае применения Microsoft Excel, что является явным повышением производительности труда.

На кафедре «Механика и нефтегазовое дело» Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова разработана программа расчёта магистрального нефтепровода в системе Mathcad, позволяющая автоматически строить QH-характеристики трубопроводов и перекачивающих станций, определять положение станций и рабочую точку системы, проводить исследование режимов работы нефтепроводов.

При проектировании нефтепровода Ескене-Курык (рисунок 1) была использована математическая система Mathcad. Исходными данными для программы при расчете трубопровода были протяженность трассы 700 км, диаметр 1020 мм, пропускная способность 38 млн. т/год, расчетная температура нефти (температура грунта на глубине заложения нефтепровода),

плотность нефти при стандартной температуре, кинематическая вязкость нефти [1].

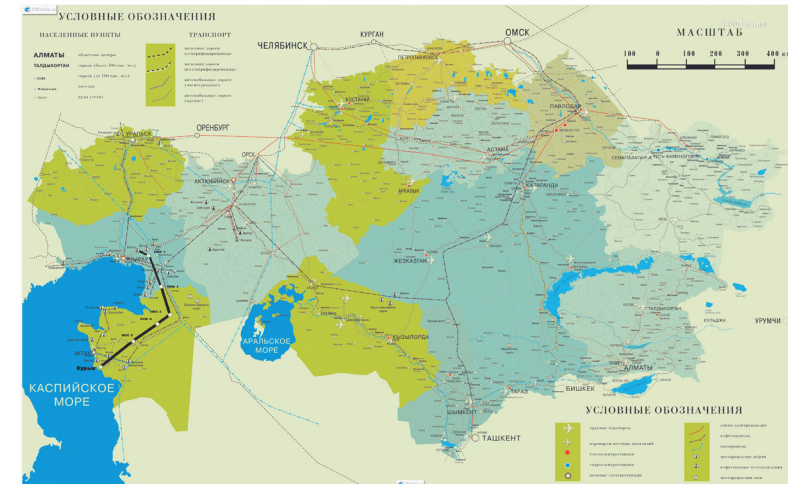


Рисунок 1 – Нефтепровод Ескене-Курык (выделен тёмным цветом)

На основе исходных данных были произведены гидравлический и прочностной расчёты, определены толщина стенки трубопровода, число нефтеперекачивающих станций, а также их положение на трассе нефтепровода, выбрано необходимое насосное оборудование. Определена необходимость лупинга и его длина [2].

Суммарные характеристики шести ($n = 6$) перекачивающих станций (зависимости развиваемых напоров H от подачи насосов Q) с суммарным числом всех магистральных насосов n_n , равным 16, 18 и 20, записываются в виде трёх уравнений [2]:

$$n_n = 3 \cdot n - 2 = 16, H_{16}(Q) = N_э \cdot H_{ин}(Q) + n_n \cdot H_{мн}(Q) - n \cdot h_{вн};$$

$$n_n = 3 \cdot n = 18, H_{3n}(Q) = N_э \cdot H_{ин}(Q) + n_n \cdot H_{мн}(Q) - n \cdot h_{вн};$$

$$n_n = 3 \cdot n + 2 = 20, H_{2n}(Q) = N_э \cdot H_{пн}(Q) + n_n \cdot H_{мн}(Q) - n \cdot h_{вн},$$

где $H_{пн}$ – напор, развиваемый подпорным насосом;

$H_{мн}$ – напор, развиваемый магистральным насосом;

$N_э$ – число эксплуатационных участков;

$h_{вн}$ – внутростанционные потери гидравлического напора.

Характеристики трубопроводов (зависимости потери напора от расхода нефти) без лупинга и с лупингом (при наличии параллельного участка для перекачки нефти) задаются следующими уравнениями [2]:

$$H(Q) = 1.02 \cdot i(Q) \cdot L + \Delta Z + N_3 + h_{\text{ост}},$$

$$H_{\text{луп}}(Q) = 1.02 \cdot i(Q) \cdot (L - L_{\text{луп}} \cdot (1 - \omega)) + \Delta Z + N_3 + h_{\text{ост}},$$

где L и $L_{\text{луп}}$ – длины трубопровода и лупинга;

ΔZ – разность геодезических высот в конце и в начале трассы;

$h_{\text{ост}}$ – остаточный напор в конце нефтепровода;

ω – коэффициент для расчёта гидравлического уклона лупинга.

Гидравлический уклон определяется по формуле Лейбензона [3]

$$i(Q) = \beta \cdot \frac{Q_c^{2-m} \cdot \nu^m}{d^{5-m}},$$

где Q_c – секундный объёмный расход, м³/с;

ν – кинематическая вязкость;

d – внутренний диаметр трубопровода;

m и β – коэффициенты, определяемые по таблицам для соответствующего режима течения нефти.

Совмещённые характеристики нефтепровода и перекачивающих станций приведены на рисунке 2.

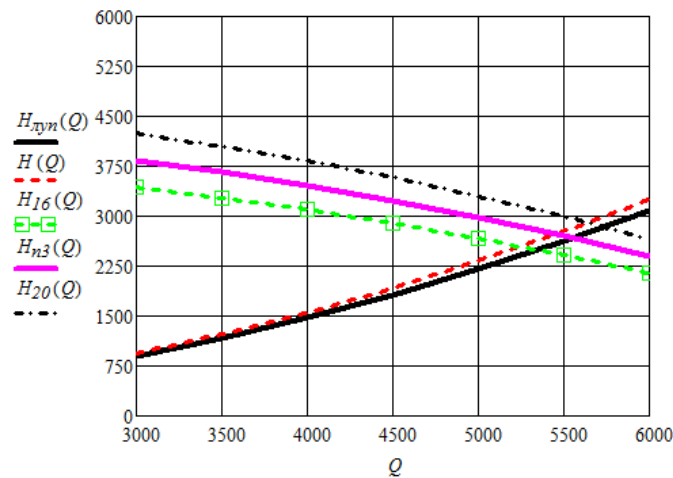


Рисунок 2 – Совмещённые характеристики нефтепровода и нефтеперекачивающих станций

В данной работе расстановка станций была осуществлена аналитически с использованием системы Mathcad. Графическое представление результатов расчета дает наглядное представление о режиме работы нефтепровода. После задания соответствующих уравнений на экране автоматически вычерчиваются наклонные линии гидравлического уклона (зигзагообразная линия) и волнистая линия продольного профиля трассы (рисунок 3). Точки пересечения линий гидравлического уклона от каждой станции с профилем трассы дают координаты положения соответствующей станции. Точки пересечения можно определить приблизительно – графически путём наведения курсора мыши на точку пересечения и считывания координат в специальном окне, либо точно – путём совместного решения уравнений характеристик от соответствующих станций и трубопровода.

Предварительно задаём в первом приближении значения координаты x , например, $x = 100$. Далее решение осуществляется методом последовательных приближений с помощью встроенного блока Given-Find:

$$\text{Given } H_1(x) = z(x); x_{\text{ст}2} = \text{Find}(x) = 80,311; z_{\text{ст}2} = z(x_{\text{ст}2}) = 138,115;$$

$$\text{Given } H_2(x) = z(x); x_{\text{ст}3} = \text{Find}(x) = 204,544; z_{\text{ст}3} = z(x_{\text{ст}3}) = 58,802;$$

$$\text{Given } H_3(x) = z(x); x_{\text{ст}4} = \text{Find}(x) = 326,129; z_{\text{ст}4} = z(x_{\text{ст}4}) = -10,118;$$

$$\text{Given } H_4(x) = z(x); x_{\text{ст}5} = \text{Find}(x) = 409,905; z_{\text{ст}5} = z(x_{\text{ст}5}) = 69,396;$$

$$\text{Given } H_5(x) = z(x); x_{\text{ст}6} = \text{Find}(x) = 488,057; z_{\text{ст}6} = z(x_{\text{ст}6}) = 170,987.$$

Все построения произведены в масштабе, поэтому по графику несложно определить напор и давление в любом сечении нефтепровода.

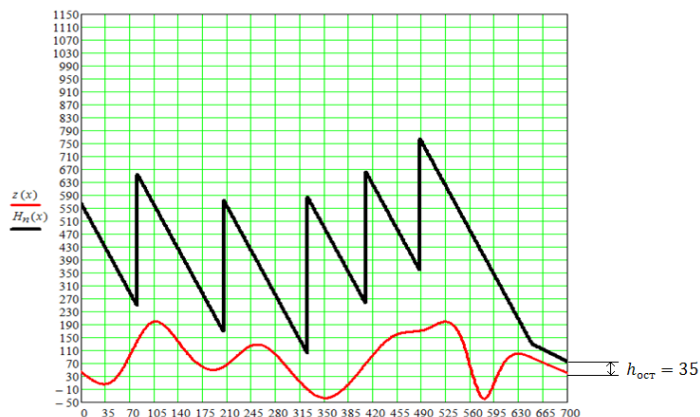


Рисунок 3 – Распределение напоров по длине нефтепровода (зигзагообразная линия); волнистая линия – профиль трассы

Результаты работы были доложены Д. Ж. Мажимовой на английском языке в декабре 2014 г. в Российском государственном университете нефти и газа им. И. М. Губкина на конференции «Transportation and Storage: transportation and storage of hydrocarbons and petroleum products» с докладом «The program of calculation of an oil pipeline Eskene-Kuryk in system Mathcad», где она заняла 2-е место среди 150 студентов, магистрантов, PhD из 28 вузов восьми стран мира.

Выводы. Применение системы MathCad позволяет в общепринятом виде производить расчёт нефтепровода, определять его оптимальные режимы работы, автоматизировать построение графиков, определять координаты положения станций, распределение напора вдоль трассы, что способствует сокращению сроков создания как самих программ, так и проектирования нефтепроводов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Нефть и нефтепродукты. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение : ГОСТ 1510-84. – Введен 01-01-85. – М. : Издательство стандартов, 1984. – 18 с.

2 **Тугунов, П. И., Новоселов, В. Ф., Коршак, А. А., Шаммазов, А. М.** Типовые расчеты при проектировании и эксплуатации нефтебаз и нефтепроводов : Учебное пособие для ВУЗов. – Уфа : ООО «Дизайн Полиграф Сервис», 2002. – 658 с.

3 **Тугунов, П. И.** Транспортирование вязких нефтей и нефтепродуктов по трубопроводам / П. И. Тугунов, В. Ф. Новоселов. – М. : Недра, 1973. – 176 с.

Материал поступил в редакцию 27.02.15.

Д. Ж. Мажимова, В. В. Рындин

Ескене-Курык құбырын есептеу үшін MATHCAD математикалық жүйені қолдану

С. Торағыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 27.02.15 баспаға түсті.

D. Zh. Mazhimova, V. V. Ryndin

Using of mathematical system MATHCAD for calculation of pipeline Yeskene-Kuryk

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 27.02.15

Автоматты түрде құбырларын жұмыс режимдерін зерттеу жүргізу, станциялар ұстанымын жүйесі мен операциялық нүктесін анықтау үшін құбырлар мен сорғы станцияларының QH-сипаттамаларын салу үшін математикалық Mathcad бағдарламасы берілді.

There is presented the program of calculation of the main oil pipeline in system Mathcad, which allows to build QH-characteristics of pipelines and the pumping stations automatically, to define the position of stations and working point of system, to conduct research of operating modes of oil pipelines.

А. Н. Новожилов, А. О. Потапенко, Т. А. Новожилов

МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ ОБРЫВА СТЕРЖНЕЙ КОРОТКОЗАМКНУТОГО РОТОРА АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В статье рассмотрены наиболее известные и значимые методы диагностики обрыва стержней короткозамкнутого ротора в различных режимах работы асинхронного двигателя с целью выбора наиболее оптимального режима работы АД, метода получения информации об этом виде неисправности, а также метода обработки полученной информации.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, обрыв стержней, метод диагностики, режим работы.

Постановка задачи. В промышленности и электроэнергетике развитых стран асинхронные двигатели (АД) является самой распространенной электрической машиной. Они потребляют свыше 80 % всей вырабатываемой электроэнергии [1] и на их долю приходится до 30 % отказов всего электрического оборудования. При этом доля отказов по причине повреждение «беличьей клетки» ротора, по мнению различных авторов, составляет около 5-10 % [1, 2]. В то же время экспериментальные исследования на Павлодарских ТЭЦ-1 и ТЭЦ-3, Экибастузской ГРЭС-1 и ГРЭС-2, а также Аксуской ГРЭС и Аксуском заводе ферросплавов показали, что повреждаемость «беличьей клетки» АД значительно выше

Как правило, обрыв стержней «беличьей клетки» не приводит к немедленному выходу АД из строя, но сопровождается ухудшением его электромеханических характеристик. В основном ущерб от эксплуатации АД с поврежденной «беличьей клеткой» выражается в повышенном расходе электроэнергии. При этом стоимость перерасхода электроэнергии за год работы такого АД нередко превышает стоимость самого двигателя. При этом, как правило, АД не выводится из работы, а эксплуатируется до полного разрушения «беличьей клетки» ротора, так как, например, обрыв одного стержня сопровождается резким ростом тока и ускоренным выходом из строя соседнего.

По мнению Международного Совета по большим электрическим системам (СИГРЭ) диагностирование повреждений электрических машин является одним из приоритетных направлений повышения надежности. Именно поэтому оно включено в число актуальных мировых проблем электроэнергетики [3].

При этом предпочтение следует отдавать тем методам диагностики, которые способны определять этот вид повреждения без разборки АД.

На сегодняшний день известно большое количество различных методов диагностики обрыва стержней «беличьей клетки» [4-6]. В них предлагается в качестве измеряемого параметра использовать вибрацию АД [7-10] и температуру его элементов, ток питания и магнитные поля рассеяния [11]. В качестве диагностического признака повреждения используются как сами измеряемые параметры, так и их составляющие. Для надежного выявления этих составляющих и повреждения ротора используются многочисленные методы математического анализа. Поэтому осуществить их достаточно глубокий анализ с целью выявления наиболее эффективного способа диагностики повреждения ротора очень сложно. В связи с этим в данной работе предлагается осуществлять этот анализ в рамках отдельного режима работы АД, а по его итогам отметить наиболее удачные режим работы АД и метод диагностики.

Известно, что диагностирование повреждения «беличьей клетки» можно осуществлять практически во всех его режимах работы АД [4-6]. К этим режимам традиционно относят: пуск, нагрузку, холостой ход и выбег [12,13]. При этом информацией об обрыве стержней служит перераспределение токов в целых стержнях [14], а измеряемый сигнал для диагностирования формируется токами статора и ротора. Очевидно, поэтому в качестве измеряемого сигнала используют электродвижущую силу от датчика вибрации АД [7-10], тока статора [11-29], и магнитного поля рассеяния [33].

Диагностирование в режиме пуска. Режим пуска является наиболее «тяжелым» режимом работы АД. Его продолжительность зависит от мощности АД, типа нагрузки и обычно составляет порядка 0,5-20 секунд. За это время скольжение ротора меняется от единицы до его номинального значения, которое составляет примерно 0.01-0,06 о.е. Ток в обмотке статора в этом режиме в значительной мере зависит от параметров питающей сети и числа пар полюсов. Обычно он превышает номинальный ток АД в 3,5-8 раз. Кратность пускового тока в роторе значительно больше. Следует добавить, что под параметрами питающей сети понимается величина и колебания напряжения, частота и гармонический его состав. Таким образом, величина и длительность измеряемого сигнала, а следовательно и возможность использования различных методов получения информации о повреждении обмотки ротора, в значительной мере зависит от числа пар полюсов и параметров питающей сети, а также от вида нагрузки и величины вибрации. Поэтому выделение информации о повреждении из измеряемого сигнала становится очень сложной, а часто и не решаемой задачей.

Чаще всего, для выделения информации о повреждении ротора в этом режиме используют методы простого и оконного преобразование Фурье,

а также вейвлет – анализ [6,11,15-18]. Так в работе [6] информацией о повреждении ротора служит результат вейвлет - преобразования обобщенного модуля тока статора. В работе [11,15] информацию о повреждении получают путем вейвлет – анализа разности измеренного и моделированного с помощью уравнений Парка-Горева значений тока статора.

В качестве источника информации о повреждении ротора в [16] используется ток фазы статора, а информационный признак повреждения получается с помощью преобразования Фурье. В [17] для этого используют вейвлет – анализ.

В [18] для получения информации о повреждении используется более сложный способ. По нему первоначально получают запись тока статора и скорости вращения ротора исправного и поврежденного АД. Затем из этих токов при помощи вейвлет-анализа выделяют сигналы различного уровня. После чего с помощью преобразования Гильберта рассчитываются мгновенные значения амплитуды и частоты, по которым выявляют наличие повреждения ротора.

Сведений о создании реально работающей системы диагностики по режиму пуска в исследуемой литературе найти не удалось [6,11,15-18].

Диагностирование в режиме нагрузки. Как показывает практика эксплуатации, практически все время АД работает в режим нагрузки, при этом скольжение ротора не постоянно, а зависит от величины нагрузки и параметров питающей сети. Что сопровождается изменением тока статора в 2-2,5 раза. Таким образом, параметры измеряемого сигнала и информация о повреждении ротора в значительной мере зависят от неравномерности параметров питающей сети и нагрузки АД. В связи с этим выделение из измеряемого сигнала информации о повреждении «беличьей клетки» затруднено. Несмотря на то, что предложений по выделению такой информации много [21-25, 27-29] сведений о системе диагностики пригодной для широкого использования на производстве по режиму нагрузки найти не удалось.

В [21] для анализа тока статора используют метод преобразования Фурье. Для улучшения качества диагностики этот анализ дополняется преобразованием Гильберта, что позволяет при принятии окончательного решения о состоянии ротора не обращаться к данным исправного АД.

В [22] осуществляется сравнение характеристик простого и расширенного фильтров Калмана при оценке качества выявления повреждений ротора АД, по измеренным значениям тока статора и напряжения сети. Анализы результатов сравнения показывают, что простой фильтр Калмана обеспечивает более точные оценки при обнаружении неисправности ротора.

Для обеспечения высокого разрешения с помощью преобразования Фурье требуется большой временной промежуток, за время которого могут

произошли значительные изменения, как параметров сети, так и параметров нагрузки АД. Этого можно избежать, если для анализа использовать метод Прони [23]. Что позволит успешно реализовывать диагностику повреждения с коротким временным окном, сохраняя при этом высокое разрешение в частотной области.

В статье [24] исследуется возможность получения информационных признаков повреждения ротора из тока статора путем оконного преобразования Фурье с фиксированным окном. Для этого исследовалась возможность использования окон Хэмминга, Хэннинга, Бартлета и других.

В этой статье [25] авторы приводят новую модель короткозамкнутого АД, которая позволяет по измеренному значению тока статора АД и питающего напряжения определять активные и реактивные сопротивления обмоток статора и ротора. И если сопротивление обмотки ротора этого типа двигателя отличается от номинальных, то в ней присутствует обрыв стержней. Экспериментальные исследования показали хорошее совпадение результатов расчета и эксперимента, при обнаружении поврежденных стержней обмотки ротора.

Для обнаружения обрыва стержней ротора АД при обработке тока статора используется метод MUSIC [27]. Этот метод характерен тем, что для получения высокого разрешения требует достаточно много времени. Тем самым, увеличивая размер автокорреляционной матрицы. Для решения этой проблемы используется алгоритм, который основан на масштабировании в определенном диапазоне частот. Таким образом, в предложенном методе масштабирование было интегрировано в метод MUSIC.

В качестве источника информации для диагностики обрыва стержней ротора в [28] используется огибающая тока статора АД, а для получения диагностического признака повреждения применяется сочетание методов искусственного интеллекта на основе гауссовой модели смеси и реконструкции фазового пространства.

В [29] из тока статора выделяют боковые составляющие с частотами $(1+2s)f_c$, где f_c - частота напряжения сети. Экспериментальные исследования показали, что использование этого информационного признака повреждения позволяет достаточно точно идентифицировать этот вид повреждения.

Следует добавить, что режим нагрузки АД более благоприятен для диагностики, однако результаты диагностирования сильно зависят от вида и колебаний нагрузки, а также изменений параметров сети в виде колебаний напряжения и частоты. Видимо, в связи с этим сведений о создании реально работающей системы диагностики по режиму нагрузки в найденных источниках найти не удалось [21-25, 27-29].

Диагностирование в режиме холостого хода. Режим холостого хода АД является более стабильным режимом, так как нагрузка отсутствует. В

нем токи статора и ротора, а также скольжение зависят только от колебаний параметров сети. Что, несомненно, способствует повышению эффективности разрабатываемых систем диагностики. В этом случае для выявления информации о повреждении ротора из измеряемого сигнала используют метод преобразования Фурье, вейвлет-анализ и фильтры Кальмана [19, 20, 26].

В работе [19] представлен метод, основанный на анализе тока статора с помощью преобразования Фурье с дальнейшей обработкой его результатов с помощью кратномасштабного вейвлет-преобразования. Что позволяет обнаружить значимые пики и измерить высоту этих пиков по отношению к базовому сигналу. Полезность предложенного метода, подтверждается экспериментальным исследованием, в котором повреждение стержня было осуществлено сверлением отверстия.

В исследовании, представленном в источнике [20], для обнаружения обрыва стержней ротора АД с инверторным управлением был применен метод The Resampling Based Order Tracking Analysis. Полученные результаты сравнивали с результатами, которые были получены из тока статора путем классического преобразования Фурье.

В методике [26] для оценки неисправностей АД используют единый алгоритм фильтра Калмана, основанный на оценке сопротивления статора и ротора. В качестве источника информации при этом используется ток статора, а в качестве информационного признака – его боковые частоты, величина которых зависит не только от наличия повреждения, но и от колебаний напряжения сети и нагрузки. Что может привести к значительному искажению информации об этом повреждении и соответственно, ложной работе системы диагностики. Для их снижения рекомендуется использовать при диагностике режим холостого хода. Однако в [19, 20, 26] отсутствуют сведения о том, что авторам удалось разработать систему диагностики пригодную для широкого использования на производстве.

Диагностирование в режиме выбега. Режим выбега начинается с того момента времени, когда произошло отключение АД от сети. Сразу после отключения АД токи в обмотке статора становятся равными нулю, а токи в «беличьей клетке» ротора остаются такими же, какими были на момент отключения. Так как ток в замкнутом контуре не может исчезнуть мгновенно, то в режиме выбега токи постепенно начинают затухать. Характер затухания этого тока в контуре определяется функцией $i = I_m e^{-(R/L)t}$, где I_m – ток в цепи на момент отключения АД; R и L – активное сопротивление и индуктивность контура. Таким образом, этот режим в наибольшей степени подходит для диагностики обрыва стержней, так как влияние на параметры измеряемого сигнала, как со стороны питающей сети, так и со стороны нагрузки отсутствует. Сложности в получении информации о повреждении

закljučаются только в том, что ее приходится получать из затухающего сигнала.

В процессе поиска и анализа информации по диагностическим системам было выявлено только несколько методов диагностики, работа которых основана на получении информации о повреждении в режиме выбега АД.

Так в работе [30] определение наличия повреждения «беличьей клетки» осуществляется следующим образом. Первоначально по анализу мгновенных значений электродвижущей силы (ЭДС) фиксируется магнитное поле в воздушном зазоре. Затем по искажению этого магнитного поля определяется наличие и место расположение поврежденных стержней.

Работа [2] посвящена моделированию магнитного поля асинхронного двигателя с использованием метода конечных элементов, а также диагностике повреждений стержней ротора по форме ЭДС в обмотках статора после отключения двигателя от сети, индуцированных этими полями. Для исследования формы ЭДС использовались различные методы вейвлет-анализа. Однако практических рекомендаций по реализации системы диагностики в работе не приведено, то есть работа носит чисто теоретический характер.

В работе [31] приведено обоснование по использованию вейвлета Морле для определения повреждений обмоток роторов АД. В качестве измеряемого сигнала используется реальная и моделируемая ЭДС фазы обмотки статора в режиме выбега. Показано также, что вейвлет-анализ указанных сигналов позволяет исследовать как низкочастотные, так и высокочастотные составляющие сигналов. Последние содержат информацию о зубцовых гармониках поля и о повреждении обмоток ротора двигателя. Практической рекомендацией по реализации системы диагностики в работе можно считать то, что для получения информации о повреждении следует использовать вейвлет-анализ.

Более четкое предложение по построению системы диагностики сформулированы в работе [32]. В ней, для выявления повреждений в обмотке ротора, предлагается измерить ЭДС на выводах обмотки статора в режиме выбега. Затем из нее выделяют гармонические ЭДС с частотами $f_{v,n} = f_c(v \pm n/p)$ и определяют их среднеквадратичное значение, где $n = 1 \div (p-1)$, v – номер гармоники сети, p – число пар полюсов АД. И если его величина превысит некоторое эталонное значение, то формируется сигнал о повреждении обмотки короткозамкнутого ротора. По мнению авторов, использование именно этой работы дает реальные шансы на построение простой и достаточно надежной системы диагностики для выявления поврежденных стержней.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Петухов, В. С., Соколов, В. А.** Диагностика состояния электродвигателей на основе спектрального анализа потребляемого тока / В. С. Петухов, В. А. Соколов // *Новости Электротехники*. – 2005. – № 1(31). – С. 23.

2 **Загирняк, М. В., Ромашихина, Ж. И., Калипов, А. П.** Диагностика поврежденных стержней ротора в асинхронном двигателе на основании анализа его магнитного поля / М. В. Загирняк, Ж. И. Ромашихина, А. П. Калипов // *Вісник НТУ «ХП»*. – 2012. – № 49(955). – С. 38-47.

3 **Дьяконов, А. Ф., Ишкин, В. Х., Мамиконянц, Л. Г.** Электроэнергетика мира – состояние, проблемы (по материалам 38-й сессии СИГРЭ) / А. Ф. Дьяконов, В. Х. Ишкин, Л. Г. Мамиконянц // *Энергетика за рубежом*. – 2001. – № 5-6.

4 **Ухань, Ж. И., Калинов, А. П.** Класифікація методів діагностики пошкоджень обмоток ротора асинхронних двигунів / Ж. И. Ухань, А. П. Калинов // *Вісник КДУ*. – 2010. – № 3(62), Частина 2. – С. 138-144.

5 **Нефтулин, И. В.** Анализ существующих методов диагностирования асинхронных двигателей на основе спектрального анализа: автореф. магистерской работы. ... канд. тех. наук: / Полковниченко Дмитрий Викторович. – Донецк., 2008. – 8 с.

6 **Тимошкин, В. В., Глазырина, Т. А., Полищук, В. И., Глазырин А. С.** Функциональная вейвлет – диагностика состояния обмоток роторов трехфазных электрических машин / В. В. Тимошкин, Т. А. Глазырина, В. И. Полищук, А. С. Глазырин // *Электричество*. – 2012. – №6. – С. 42-45.

7 **Браташ, О. В., Калинов, А. П.** Анализ методов вибродиагностики асинхронных двигателей / О. В. Браташ, А. П. Калинов // *Електромех. і енергозберігаючі системи*. – 2010. – Вип. 2. – С. 41-46. – Библиогр.: 38.

8 **Челомей, В. Н.** Вибрации в технике. // М.: «Машиностроение», 1981 – Т. 5.

9 **Барков, А. В.** Интеллектуальные системы мониторинга и диагностики машин по вибрации / А. В. Барков, Н. А. Баркова // *Сборник трудов семинара «Современные проблемы вибрационной диагностики и виброзащиты энергетических установок»*. – СПб., 1999. – С. 115–156.

10 **Балицкий, Ф. Я., Иванова, М. А., Соколова, А. Г.** Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов. М. : Наука, 1984 - 120 с.

11 **Купцов, В. В., Горзунов, А. С., Сарваров, А. С.** Разработка методики токовой диагностики асинхронных двигателей по осциллограммам нестационарных режимов работы / В. В. Купцов, А. С. Горзунов, А. С. Сарваров // *Вестник ЮУрГУ, Серия «Энергетика»*, выпуск 12. – 2009. – № 34. – С. 60-67.

12 **Иванов-Смоленский, А. В.** Электрические машины / А. В. Иванов-Смоленский. – М. : Энергия, 1980.

13 **Вольдек, А. И.** Электрические машины // Л. : Энергия, 1978.

14 **Петушков, М. Ю.** Развитие метода спектрального анализа тока асинхронного двигателя для диагностирования / М. Ю. Петушков // «Главный энергетик». – 2013. – № 9. – С. 70-75.

15 **Kuptsov, V., Sarvarov, A., Petushkov, M.** A new approach to analysis of induction motors with rotor faults during startup based on the finite element method / V. Kuptsov, A. Sarvarov, M. Petushkov // *Progress In Electromagnetics Research*. – 2012. – В (45). – 269-290.

16 **Faiz, J., B.-M., Ebrahimi** A new pattern for detecting broken rotor bars in induction motors during start-up / J. Faiz, B.-M. Ebrahimi // *IEEE Trans. Magn.*, – 2008. – Vol. 44. – No. 12. – P. 4673-4683.

17 **Talhaoui, H., Menacer, A., Kessal, A., Kechida, R.** Fast Fourier and discrete wavelet transforms applied to sensorless vector control induction motor for rotor bar faults diagnosis / H. Talhaoui, A. Menacer, A. Kessal, R. Kechida // *ISA Transactions*. – 2014. – 53. – P. 1639–1649.

18 **Pineda-Sanchez, M., M.Riera-Guasp, J. A. Antonino-Daviu, J. Roger-Folch, J. Perez-Cruz, and R. Puche-Panadero,** Instantaneous frequency of the left sideband harmonic during the start-up transient a new method for diagnosis of broken bars / M. Pineda-Sanchez., M.Riera-Guasp, J. A. Antonino-Daviu, J. Roger-Folch, J. Perez-Cruz, and R. Puche-Panadero // *IEEE Trans. Ind. Electron.* – 2009. – Vol. 56, No. 11. – P. 4557-4570.

19 **Luis, A., Garsna-Escudero, Oscar Duque-Perez, Morinigo-Sotelo, D., Perez-Alonso, M.** Robust condition monitoring for early detection of broken rotor bars in induction motors. / A. Luis, Garsna-Escudero, Oscar Duque-Perez, D. Morinigo-Sotelo, M. Perez-Alonso // *Expert Systems with Applications*. – 2011. – 38. – P. 2653–2660.

20 **Akar, M.** Detection of rotor bar faults in field oriented controlled induction motors. / M. Akar // *Journal of Power Electronics*. – 2012. – P. 1-9.

21 **Didiera, G., Ternisienb, E., Casparyb, O., Razika H.** A new approach to detect broken rotor bars in induction machines by current spectrum analysis. / G. Didiera, E. Ternisienb, O. Casparyb, H. Razika // *Mechanical Systems and Signal Processing* – 2007. – 21. – P. 1127-1142.

22 **Karamia, F., Poshtan, J., Poshtan, M.** Detection of broken rotor bars in induction motors using nonlinear Kalman filters / F. Karamia, J. Poshtan, M. Poshtan // *ISA Transactions*. – 2010. – 49. – P. 189-195.

23 **Shuo Chen, Zivanovic, R.** Modelling and simulation of stator and rotor fault conditions in induction machines for testing fault diagnostic techniques. / Shuo Chen, R. Zivanovic // *Euro. Trans. Electr. Power*. – 2010. – 20. – P. 611–629.

24 **Harris, F.** On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform. /F. Harris //IEEE. – 1978. – 66 (1). – P. 51-83.

25 **Smail Bachir, Slim Tnani, Jean-Claude Trigeassou, & Gérard Champenois** Diagnosis by Parameter Estimation of Stator and Rotor Faults Occurring in Induction Machines./ Smail Bachir, Slim Tnani, Jean-Claude Trigeassou, Gérard Champenois //IEEE Transaction on industrial electronics – 2006. – 53 (3). – P. 963-973.

26 **Barut, M.** Bi Input-extended Kalman filter based estimation technique for speed-sensorless control of induction motors./M. Barut // Energy Conversion and Management. – 2010. – 51. – P. 2032–2040.

27 **Kia, S., Henaо, H., Capolino, G-A.** A High-Resolution Frequency Estimation Method for Three-Phase Induction Machine Fault Detection./ S. Kia, H. Henaо, G.-A. Capolino // IEEE Transaction on industrial electronics. – 2007. – 54(4). – P. 2305-2314.

28 **Aderiano, M., Povinelli, R., Nabeel, A.** Demerdash Induction Machine Broken Bar and Stator Short-Circuit Fault Diagnostics Based on Three-Phase Stator Current Envelopes. /M. Aderiano, R. Povinelli, A. Nabeel //IEEE Transaction on industrial electronics. – 2008. – 55 (3). – P. 1310-1318.

29 **Nandi, S., Bharadwaj, R., Toliyat, H., Parlos, A.** Study of three-phase induction motors with incipient rotor cage faults under different supply conditions. /S. Nandi, R. Bharadwaj, H. Toliyat, A. Parlos//IEEE-IAS. – 1999. – 3. – P. 1922–1928.

30 **Калінов, А. П., Ухань, Ж. І., Урдин, І. В.** Метод діагностики пошкоджень стрижнів ротора/ А.П. Калінов, Ж.І. Ухань, І.В. Урдин, // Вісник КДПУ. Зб. Наук. Праць КДПУ им М. Остроградского. – 2009. – Вип. 4(57), Ч.1. – Кременчук : КПДУ им. М. Ю. Остроградского. – С. 98-101.

31 **Ромашихіна, Ж. І., Калінов, А. П.** Застосування вейвлет-аналізу для діагностики обривів роторів асинхронних двигунів/ Ж. І. Ромашихіна, А.П. Калінов // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. – 2010 (12). – Випуск 4. – С. 22-27.

32 Способ диагностики повреждения короткозамкнутой обмотки ротора асинхронного двигателя: а.с. 1007970 РК: Н02Н 7/08, Н02К 11/00 / А. Н. Новожилов, А. О. Потапенко, Т. А. Новожилов. – № 3361585/25. – 08; заявл. 23.01.15.

Материал поступил в редакцию 25.02.15.

А. Н. Новожилов, А. О. Потапенко, Т. А. Новожилов

Асинхронды қозғағыштың қысқатұйықталған ротор өзегінің үзілуін диагностикалау әдістері

С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.
Материал 25.02.15 баспаға түсті.

A. N. Novozhilov, A. O. Potapenko, T. A. Novozhilov

Methods of detection of broken rotor bars in induction motor

S. Toraighyrov Pavlodar State University, Pavlodar.
Material received on 25.02.15.

Мақалада қысқатұйықталған ротордың өзегінің жарқабағының диагностикасының ең белгілі және мәнді әдістері асинхронды қозғағыштың әр түрлі режимдерінде жұмысының АҚ жұмысының ең үйлесімді режимін таңдау мақсатпен, ақаулықтың осы түрі туралы ақпарат алу әдісі, сонымен қатар алынған ақпаратты өңдеу әдісі.

The article presents the most famous and important methods of broken rotor bars diagnostic in various modes of operation of the induction motor in order to select the most optimal operation of IM, the method of obtaining information about this type of fault, as well as the method of processing the information received.

Р. С. Тюлеkenов

магистрант, Казахский агротехнический университет имени С. Сейфуллина,
г. Астана

ИССЛЕДОВАНИЕ АВАРИЙНЫХ ОТКЛЮЧЕНИЙ ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ 10 КВ АКМОЛИНСКИХ МЭС АО «АРЭК»

Данная статья посвящена исследованию аварийных отключений воздушных линий 10 кВ Акмолинских МЭС АО «АРЭК». В анализ вошло 206 аварийных отключений. В результате сравнения удельного количества отключений на 100 км. в год были выявлены наиболее неблагоприятные районы.

Ключевые слова: аварийные отключения, воздушные линии 10 кВ, надежность, электроснабжение, сетевой район.

Задачи исследований

Широкое использование электричества в технологических процессах сельскохозяйственного производства заставляет постоянно повышать требования к надежности электроснабжения. Следует ожидать, что по мере увеличения размеров электропотребления и расширения сферы применения электроэнергии требования к повышению надежности электроснабжения будут расти.

Для принятия конкретных технических решений, а также для оценки существующего уровня надежности устройств электроснабжения большое значение имеют статистические исследования повреждаемости и ремонтов в течение нескольких лет.

Как известно, наиболее ненадежными элементами системы электроснабжения являются распределительные сети 10 кВ. Задачей настоящей работы является проведение статистических исследований показателей отключений в сетях 10 кВ Акмолинских межрайонных электрических сетей АО «АРЭК», которые позволяют выявить конкретно наименее надежные элементы и дать необходимые рекомендации по улучшению их состояния.

Методика исследований

Исследования велись в два этапа. На первом этапе производился сбор исходной информации, а на втором производилась статистическая обработка и ее анализ.

Источником информации об отключениях являлись записи в оперативных диспетчерских журналах. Периодом исследования являлись 6 лет – 2008-2013. Необходимо отметить, что в официальной отчетности энергосберегающих организаций отмечаются не все случаи отключения потребителей. В этом смысле записи об отключениях в оперативных диспетчерских журналах более полны и могут служить для получения необходимых сведений и зависимостей, особенно статистического характера. Вместе с тем следует иметь в виду, что ряд отключений, связанных с успешным АПВ, особенно на подстанциях без обслуживающего персонала, ускользает от регистрации. Поэтому в настоящей работе не проводился статистический анализ работы устройств АПВ. Те фидера, на которых за все время исследования не было зафиксировано ни одного отключения, из анализа исключались.

Всего в анализ вошло 206 аварийных отключений в сетях 10 кВ.

Для получения необходимых величин, а также для облегчения последующего анализа, все данные об аварийных отключениях в сети 10 кВ объединены в таблицу 1. В ней указывается сетевой район, название подстанции, наименование линии 10 кВ и ее длина. Для удобства дальнейших расчетов выделены столбцы, показывающие количество отключений по каждой линии, среднегодовое количество отключений по линии и удельное количество отключений на 100 км линии в год, за период исследования.

Также следует отметить, что выборка данных по причинам аварийных отключений, районам, подстанциям и фидерам осуществляется по разработанной программе.

Результаты исследований аварийных отключений воздушных линий 10 кВ

Общая протяженность ВЛ-10 кВ в исследуемых районах 2485,436 км. К этим линиям присоединено 1636 потребительские подстанции 10/0,4 кВ, общей установленной мощностью 433268 кВА. Сети 10 кВ питаются от 64 подстанций 35/10 кВ и 110/35/10 кВ. Количество фидеров в сетях 10 кВ – 328, а средняя протяженность одного фидера – 7,57 км. К одному фидеру подключается в среднем 4,98 подстанции 10/0,4 кВ с общей установленной мощностью 1320,93 кВА. Средняя мощность одной потребительской подстанции – 264,83 кВА. Все перечисленные показатели приведены в таблице 2 – характеристика сетей 10 кВ по отдельным сетевым районам Акмолинского МЭС.

Распределение линий 10 кВ по их техническим характеристикам – маркам и сечениям проводов приведены в таблице 3 и таблице 4.

Как видно из таблиц 3 и 4, большинство линий (87,94 %) выполнено проводом марки АС, затем идут линии, выполненные проводом марки А (5,79 %). Проводами марок СИП-70 и АН-35 выполнено всего 1,027 %

линий. Кабельными выполнены 3,438 % линий. Такое соотношение между марками проводов благоприятно влияет на надежность, так как проводами марок АС, имеющими хорошие механические характеристики, выполнено подавляющее большинство линий (87,94 %).

Сравнение количества отключений по удельным величинам, то есть по количеству отключений на 100 км линии в год дает возможность достаточно объективно оценить полученные данные.

По сети 10 кВ в целом на 100 км линии в год приходится 11,18 отключений. Таким образом, средние удельные показатели отключения сетей 10 кВ говорят об их относительно невысокой надежности.

Сравнение надежности сетей 10 кВ различных районов по удельным показателям дает:

| | | |
|------------------------|-------|------------------|
| Для Целиноградских РЭС | 10,57 | откл./100 км.год |
| Для Егиндских РЭС | 20,38 | откл./100 км.год |
| Для Аршалинских РЭС | 13,73 | откл./100 км.год |
| Для Коргалжынских РЭС | 7,86 | откл./100 км.год |

Как видно, наилучшие показатели у Коргалжынских РЭС, наихудшие – у Егиндинских РЭС. Согласно таблице 1 среднее удельное число аварийных отключений на 100 км линий в год по Акмолинским МЭС составляет 11,18. В целом состояние исследуемых сетей 10 кВ по этому показателю следует признать удовлетворительным.

Однако сравнивая данные по удельным отключениям фидеров 10 кВ, полученные в ходе исследования, следует выделить явно неблагоприятные фидера, ремонт которых следует организовывать в первую очередь. Ниже дается перечень этих фидеров.

Целиноградские РЭС:

Подстанция Ильинка ф № 4 – 37,17 откл./км.год

Подстанция Воздвиженка ф № 11 – 31,33 откл./км.год

Подстанция Мичурина ф № 1 – 58,33 откл./км.год

Аршалинские РЭС:

Подстанция Ижевская ф № 11 – 41,15 откл./км.год

Подстанция Ново-Александровка ф № 16 – 48,15 откл./км.год

Задачей дальнейших исследований является анализ аварийных отключений по причинам, анализ временных характеристик отключений, распределение отключений по продолжительности одного отключения, распределение интервалов между отключениями.

Таблица 1 – Данные об аварийных отключениях 10 кВ

| РЭС | Длина | Общее количество отключений | Количество отключений в год | Удельное количество откл. на 100 км. в год |
|----------------|----------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| Целиноградские | 804,494 | 148 | 85,05 | 10,57 |
| Егиндинские | 29,44 | 6 | 6 | 20,38 |
| Коргалжынские | 76,37 | 8 | 6 | 7,86 |
| Аршалинские | 187,185 | 44 | 25,7 | 13,73 |
| Всего | 1097,479 | 206 | 122,75 | 11,18 |

Таблица 2 – Характеристика сетей 10 кВ по отдельным сетевым районам Акмолинского МЭС

| Сетевые районы | Кол-во фидеров | Общая длина фидеров | Средняя протяженность одного фидера, км | Общее число потреб. подстанций, шт | Среднее кол-во подстанций на один фидер | Общая установленная мощность подстанций, кВА | Средняя вел-на уст. мощности подстанций на 1 фидер, кВА | Средняя мощность подстанции, кВА |
|----------------------|----------------|---------------------|---|------------------------------------|---|--|---|----------------------------------|
| Целиноградский | 137 | 1148,39 | 8,38 | 765 | 5,58 | 220789 | 1611,59 | 288,61 |
| Егиндинский | 33 | 245,77 | 7,45 | 155 | 4,70 | 32270 | 977,88 | 208,19 |
| Аршалинский | 100 | 568,69 | 5,69 | 507 | 5,07 | 139444 | 1394,44 | 275,04 |
| Коргалжынский | 43 | 431,49 | 10,03 | 148 | 3,44 | 26986 | 627,58 | 182,34 |
| Атбасарский | 15 | 91,10 | 6,07 | 61 | 4,07 | 13779 | 918,6 | 225,89 |
| Всего по предприятию | 328 | 2485,44 | 7,58 | 1636 | 4,99 | 433268 | 1320,93 | 264,83 |

Таблица 3 – Протяженность линий 10 кВ с различными марками проводов в процентах к их общей протяженности

| Марка | А | | | АС | | | ПС | | | АН | СИП | |
|--------------------|-------|-------|-------|--------|---------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 35 | 50 | 70 | 25 | 35 | 50 | 70 | 95 | 25 | | | 35 |
| Сечение | 21,53 | 67,06 | 55,27 | 120,10 | 1193,71 | 713,68 | 96,34 | 61,92 | 27,55 | 17,69 | 25,26 | 0,18 |
| Протяженность в км | 0,87 | 2,70 | 2,22 | 4,83 | 48,03 | 28,71 | 3,88 | 2,49 | 1,11 | 0,71 | 1,02 | 0,007 |

Таблица 4 – Протяженность кабельных линий 10 кВ с различными марками проводов в процентах к их общей протяженности

| Марка | ААБл 3х | | | | | | | АСБ3х | NA2xS(F)2Y3x(1x) |
|--------------------|---------|------|-------|-------|--------|--------|--------|-------|------------------|
| | 24 | 35 | 50 | 70 | 95 | 120 | 150 | | |
| сечение | 8,02 | 0,25 | 1,76 | 1,475 | 26,226 | 10,575 | 20,174 | 6,493 | 0,18 |
| Протяженность в км | 0,32 | 0,01 | 0,071 | 0,06 | 1,06 | 0,43 | 0,81 | 0,26 | 0,007 |

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Ше, Irinel-Sorin; Hernando-Gil, Ignacio; Djokic, Sasa Z.** Theoretical interruption model for reliability assessment of power supply systems. //INST ENGINEERING TECHNOLOGY-IET. – 2014. – № 4. – 670-681.

2 **Идельчик, В. И.** Электрические системы и сети. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.

3 Правила устройства электроустановок. – 2012.

4 Правила оказания услуг по обеспечению надежности и устойчивости энергоснабжения. – 2012.

Материал поступил в редакцию 23.02.15.

P. S. Tyulekenov

Ақмола аудан АЭЖ «АЭҮК» АҚ 10 кВ электр желісін авариялық өшірулерін зерттеу

С. Сейфуллин атындағы
Қазақ агротехникалық университеті, Астана қ.
Материал 23.02.15 баспаға түсті.

R. S. Tyulekenov

Investigation of emergency shutdown of overhead 10 kV lines at Akmola MES JSC “AREK”

S. Seifullin Kazakh Agro Technical University, Astana.
Material received on 23.02.15.

Бұл мақала Ақмола аудан АЭЖ «АЭҮК» АҚ 10 кВ электр желісін авариялық өшірулерін зерттеуге арналған. Талдауға 206 өшірулер кірді. Ең бейберекет облыстар анықталды.

This article is devoted to the study of outages of overhead 10 kV lines at Akmola MES of JSC «AREK». The analysis included 206 outages. A comparison of the specific number of outages per 100 km in the year revealed the most disadvantaged areas.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ ПГУ ИМЕНИ С. ТОРАЙГЫРОВА
 («ВЕСТНИК ПГУ», «НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА»,
 «КРАЕВЕДЕНИЕ»)

1. В журналы принимаются статьи по всем научным направлениям в 1 экземпляре, набранные на компьютере, напечатанные на одной стороне листа с межстрочным интервалом 1,5, с полями 30 мм со всех сторон листа, электронный носитель со всеми материалами в текстовом редакторе «Microsoft Office Word (97, 2000, 2007, 2010) для WINDOWS».

2. Общий объем статьи, включая аннотацию, литературу, таблицы, рисунки и математические формулы не должен превышать **8-10 страниц**.

3. Статья должна сопровождаться рецензией доктора или кандидата наук для авторов, не имеющих ученой степени. Для статей, публикуемых в журнале «Вестник ПГУ» химико-биологической серии, требуется экспертное заключение.

4. Периодичность издания журналов – 4 раза в год (ежеквартально)

Статьи должны быть оформлены в строгом соответствии со следующими правилами:

1. УДК по таблицам универсальной десятичной классификации;
2. Инициалы и фамилия (-и) автора (-ов) – на казахском, русском и английском языках, абзац по левому краю;
3. Название статьи – на казахском, русском и английском языках, заглавными буквами жирным шрифтом, абзац по левому краю;
4. Резюме на казахском, русском и английском языках: кегль – 10 пунктов, курсив, отступ слева-справа – 3 см, интервал 1,0 (см. образец);
5. Текст статьи: кегль – 14 пунктов, гарнитура – Times New Roman (для русского, английского и немецкого языков), KZ Times New Roman (для казахского языка).
6. Межстрочный интервал 1,5 (полуторный);
7. Список использованной литературы (ссылки и примечания в статье обозначаются сквозной нумерацией и заключаются в квадратные скобки). Статья и список литературы должны быть оформлены в соответствии с ГОСТ 7.5-98; ГОСТ 7.1-2003 (см. образец).

На отдельной странице

В бумажном и электронном вариантах приводятся:

– **название статьи, сведения об авторе: Ф.И.О. полностью, ученая степень, ученое звание и место работы на казахском, русском и английском языках (для публикации в разделе «Наши авторы» и «Содержание»);**

– полные почтовые адреса, номера служебного и домашнего телефонов, e-mail (для связи редакции с авторами, не публикуются);

1. Иллюстрации, перечень рисунков и подрисовочные надписи к ним представляют по тексту статьи. В электронной версии рисунки и иллюстрации представляются в формате TIF или JPG с разрешением не менее 300 dpi.

2. Математические формулы должны быть набраны в Microsoft Equation Editor (каждая формула – один объект).

3. Автор просматривает и визирует грани статьи и несет ответственность за содержание статьи.

4. Редакция не занимается литературной и стилистической обработкой статьи. Рукописи не возвращаются. Статьи, оформленные с нарушением требований, к публикации не принимаются и возвращаются авторам.

5. Оплата за публикацию в научном журнале составляет **5000 (Пять тысяч) тенге**.

6. Статью (бумажная, электронная версии, оригинал квитанции об оплате) следует направлять по адресу:

140008, Казахстан, г. Павлодар, ул. Ломова, 64, Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова, Издательство «Кереку», каб. 137.

Тел. 8 (7182) 67-36-69, (внутр. 1147), факс: 8 (7182) 67-37-05.

E-mail: kereky@mail.ru

Наши реквизиты:

| | |
|--|--|
| РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654 | РГП на ПХВ Павлодарский государственный университет имени С. Торайгырова РНН 451800030073 БИН 990140004654 |
| АО «Цеснабанк» ИИК KZ57998FTB00 00003310 БИК TSESKZK A Кбе 16 Код 16 КНП 861 | АО «Народный Банк Казахстана» ИИК KZ156010241000003308 БИК HSBKZZKX Кбе 16 Код 16 КНП 861 |

УДК 316:314.3

А. Б. Есимова

СЕМЕЙНО-РОДСТВЕННЫЕ СВЯЗИ КАК СОЦИАЛЬНЫЙ КАПИТАЛ В РЕАЛИЗАЦИИ РЕПРОДУКТИВНОГО МАТЕРИАЛА

В настоящей статье автор дает анализ отличительных особенностей репродуктивного поведения женщины сквозь призму семейно-родственных связей.

На современном этапе есть тенденции к стабильному увеличению студентов с нарушениями в состоянии здоровья. В связи с этим появляется необходимость корректировки содержания учебно-тренировочных занятий по физической культуре со студентами, посещающими специальные медицинские группы в.....

Продолжение текста публикуемого материала.

Пример оформления таблиц, рисунков, схем:

Таблица 1 – Суммарный коэффициент рождаемости отдельных национальностей

| | СКР, 1999 г. | СКР, 1999 г. |
|-------|--------------|--------------|
| Всего | 1,80 | 2,22 |

Диаграмма 1 – Показатели репродуктивного поведения

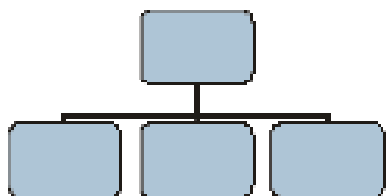
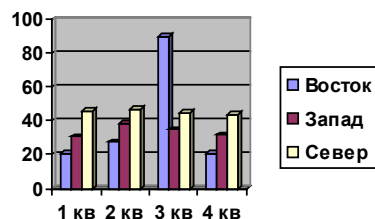


Рисунок 1 – Социальные взаимоотношения

1 Эльконин, Д. Б. Психология игры [Текст] : научное издание / Д. Б. Эльконин. – 2-е изд. – М. : Владос, 1999. – 360 с. – Библиогр. : С. 345–354. – Имен. указ. : С. 355–357. – ISBN 5-691-00256-2 (в пер.).

2 Фришман, И. Детский оздоровительный лагерь как воспитательная система [Текст] / И. Фришман // Народное образование. – 2006. – № 3. – С. 77–81.

3 Антология педагогической мысли Казахстана [Текст] : научное издание / сост. К. Б. Жарикбаев, сост. С. К. Калиев. – Алматы : Рауан, 1995. – 512 с. : ил. – ISBN 5625027587.

Место работы автора (-ов):

Международный Казахско-Турецкий университет имени
Х. А. Яссави, г. Туркестан.
Материал поступил в редакцию 22.04.15.

А. Б. Есимова

Отбасылық-туысты қатынастар репродуктивті мінез-құлықты жүзеге асырудағы әлеуметтік капитал ретінде

Қ. А. Ясауи атындағы Халықаралық
казак-түрік университеті, Түркістан қ.
Материал 22.04.14 редакцияға түсті.

A. B. Yessimova

The family-related networks as social capital for realization of reproductive behaviors

K. A. Yssawi International Kazakh-Turkish University, Turkestan.
Material received on 22.04.15.

Бұл мақалада автор Қазақстандағы әйелдердің отбасылық-туыстық қатынасы арқылы репродуктивті мінез-құлықында айырмашылықтарын талдайды.

In the given article the author analyzes distinctions of reproductive behavior of married women of Kazakhstan through the prism of the kinship networks.

Теруге 02.03.2015 ж. жіберілді. Басуға 20.03.2015 ж. қол қойылды.
Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі шартты 5,6 б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.
Компьютерде беттеген: А. Елемесқызы
Корректорлар: А. Елемесқызы, Ә.Р. Омарова
Тапсырыс № 2580

Сдано в набор 02.03.2015 г. Подписано в печать 20.03.2015 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 5,6 ч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка: А. Елемесқызы
Корректоры: А. Елемесқызы, А.Р. Омарова
Заказ № 2580

«КЕРЕКУ» баспасынан басылып шығарылған
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: kereky@mail.ru

«КЕРЕКУ» баспасы
С. Торайғыров атындағы
Павлодар мемлекеттік университеті
140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.
67-36-69
E-mail: kereky@mail.ru