

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ПАВЛОДАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.С.ТОРАЙГЫРОВА



4'2002

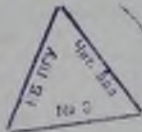


ПМУ хабаршысы
Вестник ПГУ

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

*1997 жылы құрылған
Основан в 1997 г.*

ПМУ ХАБАРШЫСЫ ВЕСТНИК ПГУ



С. Торайғыров
атындағы ПМУ-дің
академик С.Бейсембаев
атындағы ғылыми
КІТАПХАНАСЫ

4 2002

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о постановке на учет средства массовой информации
№ 1961-Ж
выдано Министерством культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан
2 мая 2001 года

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Арын Е.М., д-р экон. наук, проф. (главный редактор)
Тлеуменов С.К., д-р физ.-мат. наук, проф. (зам. гл. редактора)
Биболов Ш.К., канд. физ.-мат. наук (отв. секретарь).

Члены редакционной коллегии

Бойко Ф.К., д-р техн. наук, проф.,
Волошин В.О., д-р техн. наук, проф.,
Глазырин А.И., д-р филол. наук, проф.,
Жусип К.П., д-р филол. наук, проф.,
Кажымурат К., д-р экон. наук, проф.,
Клецель М.Я., д-р техн. наук, доц.,
Мурзагулова К.Б., д-р хим. наук, проф.,
Нухулы А., д-р хим. наук, проф.,
Панин В.Я., д-р биол. наук, проф.,
Прозорова Т.А., д-р биол. наук, проф.,
Сатова Р.К., д-р экон. наук, проф.,
Сальников В.Г., д-р техн. наук, проф.,
Утегулов Б.Б., д-р техн. наук, проф.,
Хасанулы Б., д-р филол. наук, проф.,
Шаймарданов Ж.К., д-р биол. наук, проф.,
Сейтахметова Г.Н. (тех. секретарь).

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 дискиеты не возвращаются

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

МАЗМҰНЫ

Физика-математика ғылымдары

Б.Н. Дроботун, Г.С. Жарасова
Оқу процесін әдістемелік қамтамасыз ету құраушылары жүйесінде тірек конспектілерінің алатын орны мен ролі 6

Ж.Ф. Мұқанова
«Бір айнымалыдан тәуелді функциядан алынған интеграл» тақырыбы бойынша студенттердің біліміне қойылатын талаптар және бақылау түрлері 13

З.С. Мәжіт
Оқыту процесінде компьютерді пайдалану жолдары 18

Химиялық ғылымдар

Е.С. Мұстафин, Б.К. Қасенов, Ш.Б. Қасенова, С.Т. Еділбаева, Е.Г. Толокошиков
Синтез және $\text{LaBaFe}_2\text{O}_{7-x}$ термодинамикалық сипаты 22

Л.А. Кричевский
2,4,6-коллидия қышқылдың аммонолизі 26

Н.К. Шүлейбаева, С.В. Чекалин, О.Е. Лебедева
Кәдімгі қарағайдың қылқанында жиналған металдарды талдау негізінде картаға жасау 29

А.М. Ғазалиев, С.Е. Битенов, С.Д. Фазылов, М.Б. Исабиева, А. Каримова, З.М. Молдахметов
1,3-оксазолиндік өндіруші эфедриндік алкалоидтер және олардың қасиеттері 32

Д.П. Хрусталёв, А.М. Ғазалиев, С.Д. Фазылов
2-фенилэтинил-5-фенил-3,4-диметил-1,3-оксазолиндиннің құрылым механизімі туралы 37

Биологиялық ғылымдар

К.К. Ахметов
Трематод тегументінің синцитиальді қабатының функциональды ролі туралы 43

Техникалық ғылымдар

М.К. Кудерин
Темірлібетон тақталарды соғу жүктемесінің экспериментальды зерттеу әдістемесі 48

М.К. Ибатов
Карьер автокөлігі үшін пайдаланылған газдарды катализикалық бейтараптандырғыштын конструкциясын талдау 53

Б.Б. Өтегүлов, Д.Б. Өтегүлова, В.В. Ткаченко
Кабельдік желілердің және электртаратылым құндар функцияларының тұрақты техника-экономикалық коэффициенттерінің тоғысуы 62

Б.Б. Телтаев, К.А. Әйтбаев, Д.К. Сақанов
Соңғы әлемектер әдісімен қалалық жол конструкциясындағы температураның бөлінуін анықтау 66

Б.Б. Өтегүлов, Д.Б. Өтегүлова, В.В. Ткаченко
Жерде траншеяда төселген кабель желілерінің габарит-күндық параметрлерін онтайландыру 72

А.П. Кислов, В.П. Кислова, Е.У. Темірханов
Қыздыру индукциялық жүйелердің электропараметрі мен энергетикалық электромагниттік және ферромагниттік экрандауының зерттеу сараптамасының талдауы 79

В.Ф. Хацевский
Стационарлық емес режимдегі руданың қалыпқа келтіретін аса қуатты электр пештерін пайдалану келесінде ресурсты сақтау 88

В.Г. Сальников, Е.В. Иванова, Д.Ю. Мерзонов, Т.Ж. Тоқомбаев
Электр энергиясының негізгі қабылдағыштарындағы айшықты Екібастұз көмір бассейнінің электр тараптарнаға кернеулердің жоғарғы гармониктарының ықпал етуінің зерттелуі 104

М.Ш. Байбатишаев, А.А. Бейсембаев
Манипуляциялық роботтардың қозғалыс синтездерінің әдісі 112

Е.В. Иванова, О.В. Говоруи, Т.Ж. Тоқомбаев
жергілікті 6 кв өндірістік мекемелер мен Ертістің Павлодар өңіріндегі электростанциялардың жүйелеріне кондуктивтік коммутациялық ток соғылуының әсер етуін зерттеу 120

Ж.Ж. Байгунчиков, М.Ш. Байбатишаев
Товарлық магнияның өндірудегі автоматтық жүйесі 130

Тарихи ғылымдар

З.Е. Қабылдинов
Орынбор өлкесіндегі демографиялық жағдайлардың ерекшеліктері және оның ішкі казактардың шаруашылығына әсері 138

Экономикалық ғылымдар

Ә.Т. Қуанышбаев
Сырттай экономикалық қатысу өтпелі экономиканың өзгеруінің сипаты 147

Ж.М. Шапкина
Нарықтық қатынастар қалыптасуы жағдайындағы салалық ғылымдардың даму ерекшеліктері 154

Г.К. Рүстембекова
Ғылыми сыйымдылық өндірістің тиімділігі 163

А.Т. Ирралини
ООПТ жүйелеудің экономикалық аспектілері 174

Философиялық ғылымдары

С. Х. Әлмұқан
Қазіргі қоғамдағы болмыс мәселесі 178

Филологиялық ғылымдар

А.Ф. Зейнулина, М.С. Мұқышев
М. Сералиннің қазақ журналистикасын дамытудағы ролі 183

Г.Ә. Сәрсекке, Ә.Қ. Жетпісбаева
Мәшһүр Жүсіп тіліндегі тұрақты тіркестер 189

А. Ж. Түсіпбекова
Тілдегі жалпы бағалау 194

Педагогикалық ғылымдар

А.К. Нұрғалиева, Л.Ж. Мұқанова
Қазіргі уақыттағы студенттердің адамгершілік қасиетін қалыптастырудағы өзекті мәселелер 201

Г.И. Мейейлюк, Г.С. Рақымбердинова
Ана тілі және дүниетану сабақтарында Ривин әлісін қолдану 207

Е.М. Ыбыраева
Инновациялық педагогикадағы дистанциялық оқытудың ролі 211

Л.П. Солонцова
Мектеп пен жоғарғы оқу орындарында шет тілін оқытудың қазіргі мәселелері 221

Медициналық ғылымдар

А.А. Байғалиев
Павлодар облысының кейбір аудандарындағы тағам өнімдеріндегі селенаның құрамы 232

Заңгер ғылымдары

М.Н. Кушперев
Алдын-ала тергеу сатысындағы прокурордың өклеттіктері 236

Социологиялық ғылымдар

Т. Топоян
Еңбек стетін тұрғындардың денсаулығына экономикалық дағдарыстың әсері 241

А.А. Борисова, А.Н. Жапабаева
Нарық жағдайындағы өндірістік тұлғалардың басқару жүйесінің қалыптасуы 246

Ә.Қ. Мұстафина
Аймақтың инвестициялық әлеуметі: ұғымы, мәні 253

С.С. Доицов
Жұмыс уақытының ысырап болуы және оларды жою жөніндегі шаралар 258

Саяси ғылымдар

М.Е. Шайхутдинов
Ұлттық қауіпсіздік мәселелері. Қазіргі ресейлік аналитикалық ойлауға талдау 265

С.И. Ахметов
Қазақстан Республикасында ақпараттық басқару жүйелерінің қалыптасуы және даму бағыттары 271

С.З. Каиаев
Саясаттыңдағы зорлық - зомбылық түсінігінің генезисі туралы 283

Ақпарат

Біздің авторлар 294
Авторларға арналған срежелер 298

Теруге 23.09.2002 ж. жіберілді. Басуға 10.10.2002 ж. кол
койылды. Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі 18,19 шартты б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы
келісім бойынша. Компьютерге терген Житенов.Р.С.
Корректорлар: Зейнулина А.Ф., Данилова М.А.
Заказ № Г-16.

Сдано в набор 23.09.2002 г. Подписано в печать 10.10.2002 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 18,19 уч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка Житенов Р.С.
Корректоры: Зейнулина А.Ф., Данилова М.А.
Заказ № Г-16.

Издательство Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова
637000, г. Павлодар, ул. Ломова, 64.

МАЗМҰНЫ

Физика-математика ғылымдары

Б.Н. Дроботун, Г.С. Жарасова
Оқу процесін әдістемелік қамтамасыз ету құраушылары жүйесінде тірек конспектілерінің алатын орны мен ролі 6

Ж.Ф. Мұқанова
«Бір айнымалыдан тәуелді функциядан алынған интеграл» тақырыбы бойынша студенттердің біліміне қойылатын талаптар және бақылау түрлері 13

З.С. Мәжіт
Оқыту процесінде компьютерді пайдалану жолдары 18

Химиялық ғылымдар

Е.С. Мұстафин, Б.К. Қасенов, Ш.Б. Қасенова, С.Т. Еділбаева, Е.Г. Толокошиков
Синтез және $\text{LaBaFe}_2\text{O}_{7-x}$ термодинамикалық сипаты 22

Л.А. Кричевский
2,4,6-коллидия кышқылдың аммонолизі 26

Н.К. Шүлейбаева, С.В. Чекалин, О.Е. Лебедева
Кәдімгі қарағайдың қылқанында жиналған металдарды талдау негізінде картаға жасау 29

А.М. Ғазалиев, С.Е. Битенов, С.Д. Фазылов, М.Б. Исабиева, А. Каримова, З.М. Молдахметов
1,3-оксазолиндік өндіруші эфедриндік алкалоидтер және олардың қасиеттері 32

Д.П. Хрусталёв, А.М. Ғазалиев, С.Д. Фазылов
2-фенилэтинил-5-фенил-3,4-диметил-1,3-оксазолиндиннің құрылым механизмі туралы 37

Биологиялық ғылымдар

К.К. Ахметов
Трематод тегументінің синцитиальді қабатының функциональды ролі туралы 43

Техникалық ғылымдар

М.К. Кудерин
Темірлібетон тақталарды соғу жүктемесінің экспериментальды зерттеу әдістемесі 48

М.К. Ибатов
Карьер автокөлігі үшін пайдаланылған газдарды катализикалық бейтараптандырғыштын конструкциясын талдау 53

Б.Б. Өтегүлов, Д.Б. Өтегүлова, В.В. Ткаченко
Кабельдік желілердің және электртартилым құндар функцияларының тұрақты техника-экономикалық коэффициенттерінің тоғысуы 62

Б.Б. Телтаев, К.А. Әйтбаев, Д.К. Сақапов
Соңғы әлемектер әдісімен қалалық жол конструкциясындағы температураның бөлінуін анықтау 66

Б.Б. Өтегүлов, Д.Б. Өтегүлова, В.В. Ткаченко
Жерде траншеяда төселген кабель желілерінің габарит-күндық параметрлерін онтайландыру 72

А.П. Кислов, В.П. Кислова, Е.У. Темірханов
Қыздыру индукциялық жүйелердің электропараметрі мен энергетикалық электромагниттік және ферромагниттік экрандауының зерттеу сараптамасының талдауы 79

В.Ф. Хацевский
Стационарлық емес режимдегі руданың қалыпқа келтіретін аса қуатты электр пештерін пайдалану келесінде ресурсты сақтау 88

В.Г. Сальников, Е.В. Иванова, Д.Ю. Мерзонов, Т.Ж. Тоқомбаев
Электр энергиясының негізгі қабылдағыштарындағы айшықты Екібастұз көмір бассейнінің электр тараптарнаға кернеулердің жоғарғы гармониктарының ықпал етуінің зерттелуі 104

М.Ш. Байбатишаев, А.А. Бейсембаев
Манипуляциялық роботтардың қозғалыс синтездерінің әдісі 112

Е.В. Иванова, О.В. Говоруш, Т.Ж. Тоқомбаев
жергілікті 6 кв өндірістік мекемелер мен Ертістің Павлодар өңіріндегі электростанциялардың жүйелеріне кондуктивтік коммутациялық ток соғуының әсер етуін зерттеу 120

Ж.Ж. Байгунчиков, М.Ш. Байбатишаев
Товарлық магнияның өндірудегі автоматтық жүйесі 130

Тарихи ғылымдар

З.Е. Қабылдинов
Орынбор өлкесіндегі демографиялық жағдайлардың ерекшеліктері және оның ішкі казактардың шаруашылығына әсері 138

Экономикалық ғылымдар

Ә.Т. Қуанышбаев
Сырттай экономикалық қатысу өтпелі экономиканың өзгеруінің сипаты 147

Ж.М. Шапкина
Нарықтық қатынастар қалыптасуы жағдайындағы салалық ғылымдардың даму ерекшеліктері 154

Г.К. Рүстембекова
Ғылыми сыйымдылық өндірістің тиімділігі 163

А.Т. Ирралини
ООПТ жүйелеудің экономикалық аспектілері 174

Философиялық ғылымдары

С. Х. Әлмұқан
Қазіргі қоғамдағы болмыс мәселесі 178

Филологиялық ғылымдар

А.Ф. Зейнулина, М.С. Мұқышев
М. Сералиннің қазақ журналистикасын дамытудағы ролі 183

Г.Ә. Сәрсекке, Ә.Қ. Жетпісбаева
Мәшһүр Жүсіп тіліндегі тұрақты тіркестер 189

А. Ж. Түсіпбекова
Тілдегі жалпы бағалау 194

Педагогикалық ғылымдар

А.К. Нұрғалиева, Л.Ж. Мұқанова
Қазіргі уақыттағы студенттердің адамгершілік қасиетін қалыптастырудағы өзекті мәселелер 201

Г.И. Менейлюк, Г.С. Рақымбердинова
Ана тілі және дүниетану сабақтарында Ривин әлісін қолдану 207

Е.М. Ыбыраева
Инновациялық педагогикадағы дистанциялық оқытудың ролі 211

Л.П. Солонцова
Мектеп пен жоғарғы оқу орындарында шет тілін оқытудың қазіргі мәселелері 221

Медициналық ғылымдар

А.А. Байғалиев
Павлодар облысының кейбір аудандарындағы тағам өнімдеріндегі селенаның құрамы 232

Заңгер ғылымдары

М.Н. Кушперев
Алдын-ала тергеу сатысындағы прокурордың өклеттіктері 236

Социологиялық ғылымдар

Т. Топоян
Еңбек стетін тұрғындардың денсаулығына экономикалық дағдарыстың әсері 241

А.А. Борисова, А.Н. Жапабаева
Нарық жағдайындағы өндірістік тұлғалардың басқару жүйесінің қалыптасуы 246

Ә.Қ. Мұстафина
Аймақтың инвестициялық әлеуметі: ұғымы, мәні 253

С.С. Доицов
Жұмыс уақытының ысырап болуы және оларды жою жөніндегі шаралар 258

Саяси ғылымдар

М.Е. Шайхутдинов
Ұлттық қауіпсіздік мәселелері. Қазіргі ресейлік аналитикалық ойлауға талдау 265

С.И. Ахметов
Қазақстан Республикасында ақпараттық басқару жүйелерінің қалыптасуы және даму бағыттары 271

С.З. Каиаев
Саясаттыңдағы зорлық - зомбылық түсінігінің генезисі туралы 283

Ақпарат

Біздің авторлар 294

Авторларға арналған срежелер 298

Теруге 23.09.2002 ж. жіберілді. Басуға 10.10.2002 ж. қол
қойылды. Форматы 70x100 1/16. Кітап-журнал қағазы.
Көлемі 18,19 шартты б.т. Таралымы 300 дана. Бағасы
келісім бойынша. Компьютерге терген Житенов.Р.С.
Корректорлар: Зейнулина А.Ф., Данилова М.А.
Заказ № Г-16.

Сдано в набор 23.09.2002 г. Подписано в печать 10.10.2002 г.
Формат 70x100 1/16. Бумага книжно-журнальная.
Объем 18,19 уч.-изд. л. Тираж 300 экз. Цена договорная.
Компьютерная верстка Житенов Р.С.
Корректоры: Зейнулина А.Ф., Данилова М.А.
Заказ № Г-16.

Издательство Павлодарского государственного университета
им. С. Торайгырова
637000, г. Павлодар, ул. Ломова, 64.

УДК 621.311.1.003.13

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЫСШИХ ГАРМОНИК НАПРЯЖЕНИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ ЭКИБАСТУЗСКОГО УГОЛЬНОГО БАСЕЙНА НА ОСНОВНЫЕ В РЕГИОНЕ ПРИЁМНИКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

*В.Г. Сальников, Е.В. Иванова, Д.Ю. Мерзонов, Т.Ж. Токомбаев
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова*

Экибастуз көмір бассейнінде электр энергиясының негізгі қабылдағыштарын жұмыс істеуіне (асинхронды қозғалтуыштар) келетін тораптың кернеуін жоғарғы гармониктары әсер ету зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Асинхронды қозғалтқылының молниттік өрісі, қуаттың шығынуары, айналдырушы және тежеуші сәттері қарастырылған. Қорытындылары тұжырымдалған

Приведены результаты исследований влияния высших гармоник напряжения питающей сети на работу основных приёмников электроэнергии в Экибастузском угольном бассейне (асинхронные двигатели). Рассмотрены магнитное поле асинхронного двигателя, потери мощности, вращающие и тормозящие моменты. Сформулированы выводы.

The results of the study of the voltage highest harmonic impact to the operation of receivers in Ekibastuz coal basin (asynchronous engines) are presented. Current work considers magnet field of asynchronous engine, losses of capacity, rotation and brake moments. Outcomes were formed and submitted.

В системах электроснабжения общего назначения Экибастузского угольного бассейна (ЭУБ) на напряжениях 35, 110 и 220 кВ наблюдаются значительные искажения форм кривых напряжений. Коэффициенты искажения синусоидальности кривых фазных напряжений в этих системах достигают 10–15% и превышают требования ГОСТ 13.109–97 [1]. Причём спектр высших гармонических составляющих напряжения представлен в основном 5, 7, 11 и 13 гармониками. Такой режим работы систем электроснабжения обусловлен нелинейной нагрузкой тяговых подстанций электрифицированного железнодорожного транспорта ЭУБ.

В последнее время в системах электроснабжения общего назначения ЭУБ обострилась проблема электромагнитной совместимости технических средств из-за изменения характера электроснабжения. Спад промышленного производства, который наблюдается в течении 12 лет, обусловил снижения потребления элек-

трической энергии в регионе в тысячу раз. Из-за этого остановлены незагруженные генераторы на Экибастузской ГРЭС-1. В течение 1998-2002 гг на этой станции из восьми энергоблоков, мощностью по 500 МВт каждый, работал в среднем один.

Снижение генерирующих мощностей в системах электроснабжения ухудшает электромагнитную обстановку (уменьшается мощность трёхфазного короткого замыкания), снижает устойчивость этих систем против электромагнитных помех на работу электрооборудования. Основными видами воздействия высших гармоник на системы электроснабжения общего назначения ЭУБ являются:

- увеличение токов или напряжений отдельных гармоник вследствие появления в электрической сети параллельного или последовательного резонансов;
- появления дополнительных потерь мощности и энергии в электрических сетях, трансформаторах, электрических машинах;
- изменение режимов работы электрических машин;
- ускорение старения изоляции электрооборудования, кабельных линий и сокращения вследствие этого срока их службы;
- увеличение токов замыкания фазы на землю в сетях 6–10 кВ;
- ухудшения качества работы систем релейной защиты, автоматики, телемеханики и связи.

Однако в данной статье не представляется возможным осуществить анализ всех видов воздействия высших гармоник напряжения на технические средства, поэтому ограничимся рассмотрением их воздействия только на основной приёмник электрической энергии в ЭУБ. Этим приёмником электрической энергии является асинхронный двигатель, электропривод различных технологических установок и механизмов. По экспертным оценкам асинхронные электродвигатели потребляют до 55–67% от всей электроэнергии расходуемой в ЭУБ за год.

В связи с изложенным задачей исследования является определение уровня электромагнитной совместимости электроприводов (асинхронных двигателей) с другими техническими средствами в системе электроснабжения, т.е. способности их функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим техническим средствам.

Магнитное поле. Каждая гармоника напряжения создает в электродвигателе магнитное поле, вращающееся с частотой [2]

$$n_{1k} = 60 f_k / p = (60 f_1 / p) k = k n_1, \quad (1)$$

где n_1 – синхронная угловая скорость двигателя, обусловленная основной (первой) гармоникой;

k – номер гармоники;

p – число пар полюсов; $f_1 = 50 \text{ Гц}$; $f_k = kf_1$.

Исключение составляют третья гармоника и другие гармоники, кратные трем, которые создают пульсирующее поле.

Направление вращения магнитного поля, созданного высшей гармоникой тока, зависит от номера этой гармоники. Пятая и одиннадцатая гармоники магнитного потока будут вращаться в сторону, противоположную направлению вращения основного магнитного поля (поля первой гармоники). Седьмая и тринадцатая гармоники магнитного потока вращаются согласовано с основным магнитным полем [3].

Потери мощности. При работе асинхронного двигателя в условиях несинусоидального напряжения возникают добавочные потери, обусловленные высшими гармониками тока в цепях статора и ротора. Эти добавочные потери (Вт) можно определить по формуле [2]

$$\Delta P_{\Delta, k} = \Delta P_{M, H} \sum_{k=2}^{13} K_{\Delta, k} \approx 0,2 \Delta P_{НОМ} \sum_{k=2}^{13} K_{\Delta, k}, \quad (2)$$

где $\Delta P_{M, H}$ – номинальные потери мощности в меди статора, Вт;

$\Delta P_{НОМ}$ – суммарные номинальные потери электродвигателя, Вт;

$K_{\Delta, k}$ – коэффициент, учитывающий возрастание потерь в меди за счет k -й гармоники;

$k = 13$ – номер последней учитываемой гармоники.

График функции $K_{\Delta, k} = f(k)$ представлен на рис.1. По оси ординат отложены средние значения $K_{\Delta, k}$ для случаев, когда k -я гармоника тока образует систему прямой или обратной последовательностей. При построении кривой было принято, что кратность пускового тока асинхронного двигателя составляет 5,5.

Расчет добавочных потерь по формуле (2) от действия на электродвигатель 5, 7, 11 и 13 гармоник показал, что $\Delta P_{\Delta, k} \approx 0,04 \Delta P_{НОМ}$. Величина этих потерь не может изменить тепловой режим работы асинхронного электродвигателя.

Магнитные потери в стали от высших гармоник. Обычно магнитные потери невелики, так как амплитуды высших гармоник магнитного поля малы. Поскольку для высших гармоник электрическая машина находится в режиме короткого замыкания, приближенно можно принять, что ЭДС статора $E_k \approx 0,5 U_k$ [2]. Тогда, относительное значение магнитного потока k -й гармоники Φ_{km} по сравнению с магнитным потоком основной гармоники Φ_{1m} , составит

$$\Phi_{km} / \Phi_{1m} \approx E_k f_1 / (U_k f_k) \approx 0,5 (U_k / U_1) (f_1 / f_k) \quad (3)$$

В первом приближении магнитные потери в стали можно оценить соотношением

$$\frac{\Delta P_{M, k}}{\Delta P_{M, 1}} = \frac{0,25}{k^2 \sqrt{k}}, \quad (4)$$

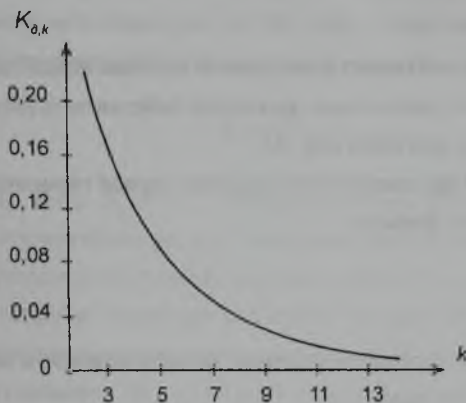


Рис. 1

где P_{M1}, P_{Mk} – соответственно магнитные потери в стали, обусловленные 1-й и k-й гармониками магнитного потока, Вт.

Расчёты добавочных потерь в цепях статора и ротора по формуле (2) и магнитных потерь в стали электродвигателя по формуле (4) показывают, что эти потери не велики даже при значительных искажениях формы кривой напряжения в питающей сети 0,4–10 кВ, когда коэффициент искажения составляет 10–15%. Например, магнитные потери в стали от пятой гармоники составляют около 0,5% потерь от основной гармоники, от седьмой гармоники – 0,19%, от одиннадцатой – 0,09% и от тринадцатой – 0,002%. Эти потери не могут вызвать перегрев изоляции асинхронных двигателей сверх допустимых значений.

Вращающие и тормозящие моменты от высших гармоник. Эти электромагнитные моменты по своей природе аналогичны основному электромагнитному моменту и отличаются от последнего лишь тем, что они связаны с взаимодействием высших гармоник магнитного поля статора с токами, индуцированными ими в обмотках ротора. Их также называют добавочными асинхронными моментами от высших гармонических составляющих [2].

Вращающий электромагнитный момент асинхронного двигателя от действия первой гармоники можно определить по формуле, если пренебречь активным сопротивлением статора, Н·м

$$M_1 = \frac{2M_{k1}}{\frac{S_1}{S_{k1}} + \frac{S_{k1}}{S_1}}, \quad (5)$$

где M_{k1} – критический момент в двигателе от действия первой гармоники, НЧм;

S_{k1} – критическое скольжение, вызванное действием первой гармоники;

S_1 – скольжение двигателя при M_1 .

Величину скольжения двигателя от действия первой гармоники магнитного поля можно определить по формуле

$$S_1 = \frac{n_1 - n}{n_1}, \quad (6)$$

где n_1, n – соответственно синхронная угловая скорость и действительная угловая скорость двигателя, рад/с.

Скольжение для высших гармоник можно рассчитать по формуле

$$S_k = \frac{n_k \pm n}{n_k} = \frac{kn_1 \pm n_1(1 - S_1)}{kn_1} = \frac{k \pm (1 - S_1)}{k} \quad (7)$$

Поскольку при номинальном режиме работы двигателя скольжение для первой гармоники невелико ($S_1 = 0,02 \div 0,05$), то допускается определять S_k по формуле

$$S_k \approx \frac{k \pm 1}{k} = 1 \pm \frac{1}{k} \quad (8)$$

Очевидно, что знак плюс (+) в формуле (8) соответствует отрицательному направлению магнитного поля высшей гармоники (гармоники обратной последовательности). Знак минус (-) соответствует согласованному с первой гармоникой направлению вращения магнитного поля (гармоники прямой последовательности).

Электромагнитный момент (Н·м) от действия высшей гармоники можно приближенно оценить, если принять $S_k \approx 1$, по формуле [2]

$$M_k \approx M_n / k^4, \quad (9)$$

где M_n – пусковой момент от основной гармоники магнитного поля, Н·м.

Из всех высших гармонических составляющих наибольшие значения электромагнитных моментов создают в нашем случае 5-я и 7-я гармоники магнитного поля. Поэтому ограничимся анализом влияния на режим работы асинхронного двигателя только этих гармоник.

Седьмая гармоника вращается в том же направлении, что и основная, со скоростью

$$n_7 = 7n_1;$$

пятая в обратном направлении со скоростью

$$n_5 = -5n_1.$$

При неподвижном роторе седьмая гармоника образует момент $M_7 > 0$, действующий согласно с основным (рис. 2). По мере увеличения угловой скорости ротора скольжение по отношению к ротору уменьшается

$$S_7 = \frac{n_7 - n}{n_7}$$

и при $n = n_7$, когда $S_7 = 6/7$, обращается в нуль. При этом 7-я гармоника не перемещается относительно ротора, токи в нем не индуцируются и $M_7 = 0$. При дальнейшем увеличении угловой скорости ротора $n > n_7$ (скольжение $S_7 < 0$) по отношению к седьмой гармонике наступает генераторный режим и момент изменяет свое направление на противоположное, т.е. $M_7 < 0$.

Зависимость момента M_5 от угловой скорости ротора имеет тот же характер. Однако, теперь скольжение

$$S_5 = \frac{n_5 - n}{n_5}$$

обращается в нуль при угловой скорости ротора $n = -n_5$, т.е. в области тормозного режима для основной гармоники, когда $S_5 = 6/5 > 1$ (Рис. 2).

Таким образом, гармонические составляющие магнитного поля статора образуют асинхронные моменты и результирующий асинхронный электромагнитный момент находится в виде суммы

$$M = M_1 + M_5 + M_7 \quad (10)$$

График функции $M_1 = f(S_1)$ приведён на рис. 2,а; соответственно $M_7 = f(S_7)$ – на рис. 2,б; $M_5 = f(S_5)$ – на рис. 2,в. Полная графическая интерпретация формулы (10) приведена на рис. 2,а. Видно, что асинхронные электромагнитные моменты от высших гармоник искажают кривую основного электромагнитного момента. Наибольшие искажения наблюдаются в зоне малых скоростей вращения, где добавочные асинхронные моменты, связанные с высшими гармониками, максимальны. Провалы в кривой результирующего момента могут затруднить пуск двигателя.

Колебательные моменты. В результате взаимодействия токов одних частот с магнитными потоками других частот возникают знакопеременные моменты, частота которых значительно выше основной частоты, а среднее значение равно нулю. Общее количество колебательных моментов очень велико, так как взаимодействие возникает между всеми гармониками [2]. Однако, на практике достаточно бывает рассмотреть две пары моментов: моменты от 5-й и 7-й гармоник и моменты от 11-й и 13-й гармоник. Например, 5-я гармоника магнитодвижущих сил имеет отрицательное направление, следовательно, синхронная угловая скорость её

относительно такой же скорости магнитодвижущей силы первой гармоники составляет

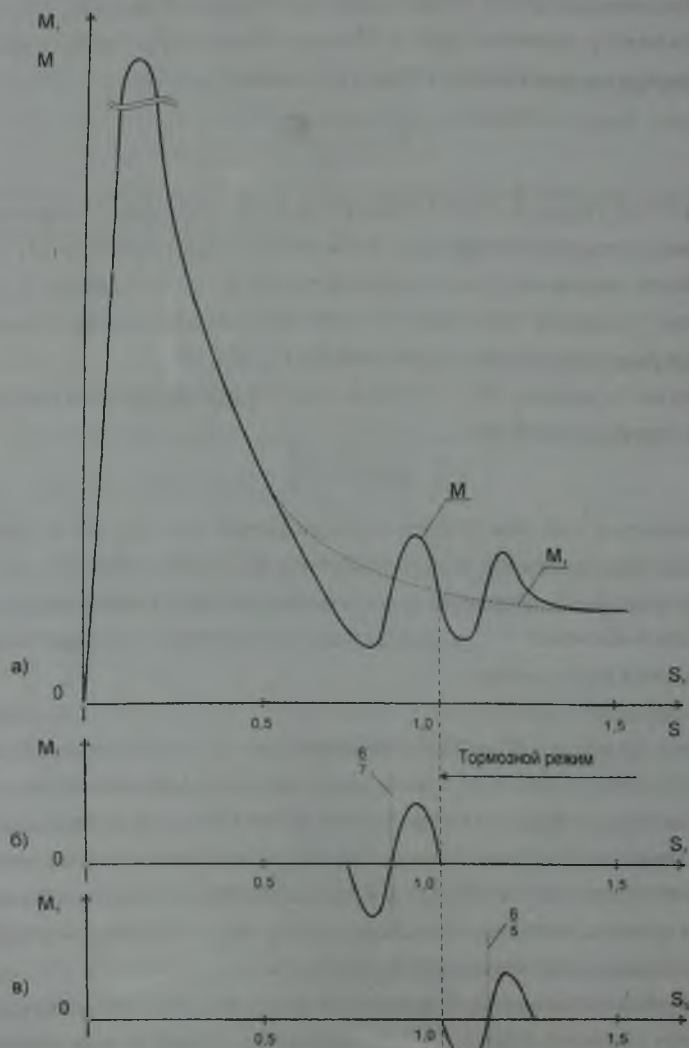


Рис.2

$$n_{5,1} = n_1 - (-n_5) = n_1 - (-5n_1) = 6n_1$$

Для седьмой гармоники оба направления вращения совпадают

$$n_{7,1} = n_1 - n_7 = n_1 - 7n_1 = -6n_1.$$

Таким образом, колебательные моменты, создаваемые парой соседних гармоник тока ротора с первой гармоникой магнитного потока имеют одну и ту же скорость (в данном случае $6n_1$), но противоположны по знаку.

Амплитудное значение колебательных моментов соответствующих пар можно определить по формуле [2], Н·м.

$$M_{k, \text{макс}} \approx 2M_{\text{ном}} k_1 \left[\frac{1}{k_2} - \frac{1}{(k+2)^2} \right], \quad (11)$$

где $M_{\text{ном}}$ – номинальный электромагнитный момент, Н·м;

$k_1 = 5 \div 7$ – кратность пускового тока асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором [2].

Значение амплитуд колебательных моментов, изменяющихся с частотой:

- $6n_1$ (от пятой и седьмой гармоник), составляет $11 \div 19\%$ от $M_{\text{ном}}$;

- $12n_1$ (от одиннадцатой и тринадцатой гармоник) около $1 \div 2\%$ от $M_{\text{ном}}$.

Амплитуды колебательных моментов не зависят от величины нагрузки. Поэтому при небольшой нагрузке в режиме, близком к холостому ходу, амплитуда одного из колебательных моментов может превзойти величину основного электромагнитного момента двигателя. Это явление может вызвать неравномерность вращения ротора, особенно заметное при малых частотах вращения.

ВЫВОДЫ.

1. Добавочные потери мощности от действия 5, 7, 11 и 13-ой гармоник напряжения в системах электроснабжения общего назначения 35, 110 и 220 кВ ЭУБ на асинхронные двигатели не превышают 4% от суммарных номинальных потерь электродвигателей. Величина этих потерь не может изменить тепловой режим работы асинхронных двигателей.

2. Магнитные потери в стали асинхронных двигателей от действия 5-ой гармоники магнитного потока составляет 0,5% от потерь основной гармоники, 7-ой – около 0,19%, 11-ой – 0,09%, 13-ой – 0,002%. Эти потери не могут вызвать перегрев изоляции асинхронных двигателей сверх допустимых значений.

3. Колебательные моменты, которые обусловлены взаимодействием токов одних частот с магнитными потоками других частот, не зависят от величины нагрузки на валу асинхронного двигателя. Амплитуда колебательного момента от взаимодействия 5-ой и 7-ой гармоник составляет 11–19% от номинального электромагнитного момента, от взаимодействия 11-ой и 13-ой составляет 1–2%. Поэтому при небольшой нагрузке на валу в режиме, близком к холостому ходу, амплитуда колебательного момента может привести величину основного электромагнитного момента двигателя. Это может вызвать вибрацию электродвигателей.