

Иванов

Электрификация
металлургических предприятий
Сибири

Томск 1971

Министерство высшего и среднего специального
образования РСФСР

Томский орден Трудового Красного Знамени
политехнический институт имени С. М. Кирова

Электрификация
металлургических предприятий
Сибири

Издательство Томского университета
Томск 1971

УДК 621.311:621.313:621.313.004.67(669-925.11/16)

В сборнике представлены материалы, обобщающие некоторый опыт проектирования строительства и эксплуатации электрической части заводов третьей металлургической базы, главным образом, Кузнецкого металлургического комбината и Западно-Сибирского металлургического завода.

Материалы сборника содержат статистические данные, решение отдельных вопросов электроснабжения, электрооборудования, организации ремонта и могут быть использованы инженерно-техническими работниками, занимающимися проектированием и эксплуатацией электрической части промышленных предприятий.

Часть материалов, являющихся первой попыткой обобщения накопленного опыта, может составить предмет дискуссии.

Под общей редакцией
докт. техн. наук, проф. И.Д. Кутявина,
канд. техн. наук, доц. Р.М. Борисова,
инж. Б.И. Кудрина.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	6
Кутявин И.Д., Борисов Р.И., Кудрин Б.И. О системном подходе к электрификации промышленных предприятий	8
Шойфот А.Г. План ГОЭЛРО и его отражение в некоторых новых проблемах развития металлургии Сибири	20
Антонов И.Ф., Дульзон Н.А. Составляющие расчетных затрат и их влияние на выбор оптимальных параметров схемы электроснабжения промышленного предприятия	24
Баранов Ю.Н. О влиянии проектных решений на производительность труда в электромонтажных организациях	36
Кадников В.Г., Юнников Н.Т. Анализ надежности кабельных сетей	39
Трошин В.А. О принципах редуцирования напряжения в промышленных электрических сетях	43
Борисов Р.И., Козырев В.Д. Влияние учета комплексной нагрузки динамическими характеристиками и электромагнитных переходных процессов на расчет режима самозапуска электродвигателей	47
Борисов Р.И., Черный Н.Е. Влияние способа заземления комплексной нагрузки на результаты исследования динамической устойчивости	50
Борисов Р.И., Слесаренко С.Г., Огородников А.Ф. Расчеты на ЦМ потерь активной энергии в разветвленных распределительных сетях по показаниям активных счетчиков	55
Казанцев К.И., Свиридова С.Н. Нормирование электропотребления и оптимизация системы электроснабжения на промышленных предприятиях с массовым выпуском однородной продукции	58
Максименко Н.И., Чуманов В.П. К вопросу расчета сложных заземлителей методом наведенных потенциалов	69
Лисецкий И.В., Худугуев В.М., Кулата К.А., Скрипко В.К., Бурнашев А.Н. Одностадийные схемы релейных защит	73

Лисецкий Н.В., Бурнашев А.Н. Применение метода точечных преобразований для расчета утратителей частоты	79
Кутявин И.Д., Носков Д.А., Андерман Д.И., Соколов Н.Т. Источник высокого напряжения импульсной электронно-лучевой установки для размерной обработки твердых материалов	83
Вайнштейн Р.А., Шмидлов А.В., Кирдякин А.А., Гетманов В.Г. Селективная сигнализация замыканий на землю в компенсированных сетях	88
Кудрин Б.И., Винничек Г.В., Антонов И.Ф., Астратов Р.Г. К вопросу о нумерации подстанций металлургических заводов	91
Лукутин В.А., Могилевская Э.Д. Исследование электрического поля статора емкостного генератора	97
Скрипко В.К., Лисецкий Н.В. Расчет утроителя частоты системы Спинелли комплексным методом	103
Кудрин Б.И., Крупенин Б.Ф., Соболев В.В. О корреляционной связи основных технологических и электрических показателей металлургического завода	109
Архипенко В.В., Трошин В.А. Об оптимальном коэффициенте мощности синхронного двигателя	119
Дульзон Н.А., Закиров Р.И. Аналоговое моделирование на переменном токе задачи экономически выгодного расположения источника питания в радиальной сети	125
Кудрин Б.И. К вопросу о математической интерпретации определяющих критериев при проектировании электроремонтных цехов	128
Кудрин Б.И. О составе и технологической схеме электроремонтного цеха крупного металлургического завода	132
Кудрин Б.И. О построении схемы системы массового обслуживания применительно к электроремонтному цеху металлургического завода	139
Кудрин Б.И., Лизогуб П.И., Шуленов Н.В. О законе распределения типоразмеров ремонтируемых электродвигателей	145
Антонов И.Ф. Выбор проводников распределительных сетей с учетом постоянной времени нагрева	153
Чиженин Л.П. К статистике аварийных отключений линий электропередач	158

Арамова Л.Г. Некоторые технико-экономические показатели и проектные решения по наружному освещению Западно-Сибирского металлургического завода	166
Кузнецова Н.В., Кудрин Б.И. Из опыта организации информационной службы в электротехнических подразделениях технологических проектных институтов	169
Дульзон Н.А. Выбор сечений проводов по допустимой потере напряжения и минимуму расчетных затрат	176
Чиненов П.П. К вопросу экономической эффективности индивидуального привода роликов рольгангов на переменном токе	180
Ульзитуев О.В., Кудрин Б.И., Антонов И.Ф. Стоймость показатели элементов системы электрообеспечения крупного металлургического завода	181
Кудрин Б.И., Антонов И.Ф., Ульзитуев О.В. О некоторых технико-экономических показателях электрической части металлургического завода с нагрузкой 450-500 Мвт	187
Колотилова Д.Г. О пропускной способности межстемных связей в условиях развивающегося энергообъединения	193
Сварская Г.С., Дергунов М.И. Из опыта проектирования мощных токопроводов с симметричным расположением фаз	204

2. Вероятность того, что K приборов заняты обслуживанием:

$$P_K = \frac{\frac{\alpha^K}{K!}}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s} \quad (6)$$

3. Вероятность того, что все приборы заняты обслуживанием и S требований находится в очереди:

$$P_{n+s} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s} \quad (7)$$

4. Вероятность отказа требования в обслуживании:

$$P_{omk} = \frac{\frac{\alpha^n}{n!} \left(\frac{\alpha}{n}\right)^m}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{\alpha^k}{k!} + \frac{\alpha^n}{n!} \sum_{s=1}^m \left(\frac{\alpha}{n}\right)^s} \quad (8)$$

5. Среднее число приборов, занятых обслуживанием:

$$M_3 = \sum_{k=1}^n k P_k + n \sum_{k=1}^m P_{n+k} \quad (9)$$

6. Среднее число требований, стоящих в очереди:

$$M_{ок} = \sum_{s=1}^m s P_{n+s} \quad (10)$$

Подсчитав показатели эффективности системы и используя экономические показатели (стоимость ремонта электродвигателя; стоимость потерь, связанных с простоем электродвигателя в очереди; стоимость эксплуатации и простоя цехового оборудования) можно определить оптимальное количество оборудованных рабочих мест и затем оптимальные размеры отделений, участков и всего электро-ремонтного цеха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудрин Б.И. О составе и технологической схеме электро-ремонтного цеха крупного металлургического предприятия. Статья в настоящем сборнике.
2. Кудрин Б.И. К вопросу об определяемых критериях при проектировании электроремонтных цехов металлургических заводов. Сборник трудов ТПИ, том 227 (в печати).
3. Венгелъ Е.С. Теория вероятностей. Изд. "Наука", М., 1969.
4. Новиков О.А., Петухов С.И. Прикладные вопросы теории массового обслуживания. Изд. "Советское радио", М., 1969.

О ЗАКОНЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПОРАЗМЕРОВ РЕМОНИРУЕМЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Б.И. Кудрин, П.П. Лизогоуб, Н.В. Шуленов

Электроремонтный цех действующего металлургического завода ежемесячно ремонтирует приблизительно одинаковое количество электродвигателей. Незначительно изменяется также, ежемесячно планируемый для цеха фонд рабочего времени, выраженный в чел.-час. По фактическому перечню электродвигателей, поступивших в цех в течение месяца, и нормам времени на ремонт может быть подсчитана фактическая трудоемкость ремонтных работ, которая, в общем случае, должна соответствовать планируемому фонду.

Не рассматривая вопроса о соответствии фактической трудоемкости ремонта планируемому фонду, отметим, что состав поступающих в ремонт электродвигателей значительно изменяется по типоразмерам. Например, 250 электродвигателей, капитально отремонтированных Западно-Сибирским металлургическим заводом (за некоторый промежуток времени) оказались 126 типоразмеров. При этом, 81 электродвигатель встретился в партии по одному разу. Для Турьевского металлургического завода отремонтировано за шесть месяцев 182 электродвигателя 94-х типоразмеров. В течение шести месяцев встречались по одному разу в какой-либо из месяцев 69 типоразмеров. Ежемесячно, в течение полугодия, ремонтировались только два типа одинаковых электродвигателей, пять месяцев — три типа, четыре месяца — пять типов и т.д.

Исследование закона распределения поступающих в ремонт электродвигателей по типоразмерам представляет определенный практический интерес. Знание закона позволяет, во-первых, найти параметры входящего потока требований (необходимого элемент системы массового обслуживания) и затем применить теорию массового обслуживания для определения эффективности обслуживания; во-вторых, точнее подсчитать ожидаемую трудоемкость ремонтных работ для правильного и планового распределения ресурсов; в-третьих, перейти к решению вопроса рационального объема запасов, необходимых для ремонта, с целью снижения как об-

щечных запасов, так и внутрицеховых (по отделениям); в-чет-
вертых, решить вопрос о размере и номенклатуре обменного фонда,
составленного в электроремонтном цехе. Кроме обменного фонда
на предприятия черной металлургии существуют электродвигатели,
находящиеся в резерве по ведомственным указаниям для обеспе-
чения бесперебойности технологических процессов и хранящиеся в
цехах.

Обычно при проектировании электроремонтных цехов металлур-
гических заводов трудоемкость ремонта подсчитывают в зависимости
от мощности электромашин, напряжения и категории сложности. Для
электромашин до 500 в принято 18 ступеней по мощности, для высо-
ковольтных асинхронных двигателей - 12, синхронных - 8. Кatego-
рии сложности для электромашин до 500 в следующие: асинхронные с
короткозамкнутым ротором; асинхронные с фазовым ротором, взры-
вобезопасные и крановые; коллекторные машины постоянного и пере-
менного тока; многоамперные генераторы; электродвигатели со сту-
пенями скорости [1]. Таким образом, для точного подсчета трудо-
емкости данные по электрическим машинам должны быть разбиты бо-
лее чем на 100 строк. На крупном металлургическом заводе, нао-
читывающемся свыше 30 подразделений (цехов), сбор таких данных
является весьма трудоемкой задачей. Особенно велики трудности
при решении перспективных вопросов, когда о составе электрообо-
рудования цехов нет точных сведений.

Электрические машины классифицируются по многим признакам -
роду тока и числу фаз, напряжению, мощности, принципу действия;
в зависимости от расположения и конструкции подшипников, а так-
же от способа крепления, по способу защиты от воздействия внеш-
ней среды и др. Общая классификация электрических машин, охвачен-
ная системой Государственных стандартов и выполненная примени-
тельно к требованиям электропромышленности является обобщающей
и нашла свое отражение в научной и учебной литературе [2].

Используя сложившиеся определения, предлагается ввести понятие
"типоразмер" и рассматривать поток поступивших в ремонт электро-
двигателей как поток типоразмеров. Под типоразмером будем пони-
мать электродвигатель, отличающийся численной и качественной
характеристиками величиной номинальной мощности и наименованием
типа двигателя. Например, типоразмер 28 кВт, А. В этом случае
двигатели А71-2, А72-4, А81-6, А82-8 будут относиться к одному
типоразмеру. Такая укрупненная, без лишней детализации, раз-
бивка целесообразна, потому что технологический процесс ремонта

единиц для noticeably отличающихся друг от друга электро-
двигателей.

Для нахождения закона распределения типоразмеров ремонтиру-
емых электродвигателей были использованы данные по Петровск-За-
байкальскому металлургическому заводу, где в 1968 г. был отре-
монтирован 671 электродвигатель.

На основании собранных данных была составлена таблица, в
которой по месяцам были выписаны все поступившие в ремонт типо-
размеры, время ремонта каждого типоразмера, найдены частоты по-
падания типоразмера в ремонт в течение года и подсчитаны отно-
сительные частоты. В табл. I представлены обобщенные результаты
поступления типоразмеров в ремонт в течение года, и на рис. I
изображен полигон относительных частот статистического распреде-
ления. В таблице по порядку столбцов приведены: в первом - номе-
ра по порядку (условный номер группы); во втором - число одна-
ковых типоразмеров, поступивших в ремонт в течение года, т.е.
число типоразмеров в группе O_i ; в третьем - частота попадания
группы в ремонт P_i ; в четвертом - количество электродвигателей
в группе $O_i P_i$; в пятом - относительная частота $W_i = \frac{P_i}{\sum P_i}$.

Например, для третьей строки $O_3 = 3$, $P_3 = 18$, $O_3 P_3 = 54$,
 $W_3 = 0,104$, т.е. для группы из 54-х электродвигателей это озна-
ет, что каждый из 18 типоразмеров (10,4% всего количества типо-
размеров) попадал в течение года в ремонт по три раза.

Анализируя данные табл. I и рис. I можно сделать следующие
выводы:

1. В течение года отремонтирован 671 электродвигатель 173-х
типоразмеров.

2. По одному разу в какой-либо из месяцев поступало в ре-
монт 50,5% типоразмеров, один раз в какой-либо из кварталов -
72,9% типоразмеров.

3. В среднем или чаще поступали в ремонт 8,1% типоразмеров,
что составило 42,4% всего электродвигателей. Для них целесооб-
зано иметь обменный фонд и постоянно опережающее изготовление по-
ступающих частот.

4. Годовое статистическое распределение поступивших типо-
размеров в ремонт было несвоевременно составлено на основании
данных, собранных в течение года X - январь-декабрь 1968 г.

И. вписавъ

Лаборатория и производство (снимки)

Половое распределение домашних животных

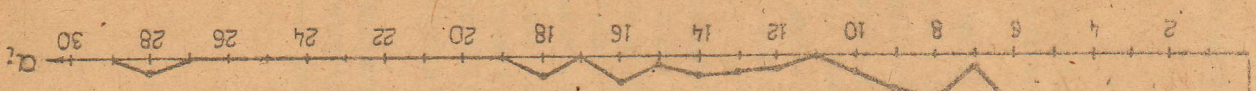
Таблица 2

Но- мер груп- пы	Пределы по мощ- ности (квт)	Число наблюдений				Число наблюдений				Год
		в зависимости от мощности				в зависимости от мощности				
		1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.	1-й кв.	2-й кв.	3-й кв.	4-й кв.	
1	Менее 0,6	838	0,018	0,036	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,132
2	0,6+1,49	22	0,000	0,000	0,017	0,017	0,017	0,017	0,017	0,033
3	1,5+2,29	43	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,090	0,064
4	2,3+3,19	38	0,090	0,090	0,108	0,108	0,108	0,108	0,108	0,057
5	3,2+4,99	46	0,126	0,126	0,103	0,103	0,103	0,103	0,103	0,069
6	5+6,99	29	0,018	0,018	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034	0,043
7	7+9,49	36	0,072	0,072	0,074	0,074	0,074	0,074	0,074	0,054
8	9,5+11,9	42	0,108	0,108	0,086	0,086	0,086	0,086	0,086	0,063
9	12+14,9	21	0,090	0,090	0,040	0,040	0,040	0,040	0,040	0,031
10	15+20,7	71	0,054	0,054	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,086
11	20,8+37,8	114	0,198	0,198	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,174
12	38+44,9	30	0,018	0,018	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045	0,045
13	45+60,9	35	0,072	0,072	0,080	0,080	0,080	0,080	0,080	0,081
14	61+99,9	38	0,036	0,036	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057	0,057
15	100+500	9	0,000	0,000	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
16	Более 500	9	0,008	0,008	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	0,013

Рис. 1. Плантон относительных частот

α_i - число типоразмеров в группе,
 $\sum \alpha_i$ - относительная частота,
 $\alpha_i = \frac{\alpha_i}{\sum \alpha_i}$

Рис. 18-19 условно не показаны



$$\chi^2 = \sum \frac{(n_i - n_r)^2}{n_r} \approx 26$$

где n_r - математическое ожидание числа типоразмеров в группе при пуассоновском распределении. Полученный результат говорит о несоответствии годового распределения распределению Пуассона.

Установление закона распределения поступивших в ремонт типоразмеров представляет трудоемкую задачу. Это особенно очевидно для крупного металлургического завода, например, Кузнецкого металлургического комбината, который ежегодно ремонтирует свыше 7000 электродвигателей. Необходимо найти минимальный достаточный объем выборочной совокупности, считая годовое статистическое распределение генеральной совокупностью.

В табл. 2 представлены данные для оценки вероятности по частоте для выборки за квартал, два и один месяц. Вся совокупность (671 электродвигатель) была разбита на 16 условных групп в порядке возрастания мощности та., чтобы в каждой группе оказался 2-11 типоразмеров. Были найдены количество электродвигателей, относящихся к каждой группе для соответствующих промежутков времени (годовая частота попадания приведена в таблице), а затем подсчитаны относительные частоты. Проверка с помощью критерия χ^2 - квадрат показала, что закон распределения за один и два месяца не соответствует годовому. Выборка за квартал с вероятностью 0,99 оказалась распределенной по закону годового распределения. Следовательно, с достаточной для практики точностью закон распределения типоразмеров ремонтируемых электродвигателей может быть найден на основании статистических сведений за три месяца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Единая система планово-предупредительного ремонта и рациональной эксплуатации технологического оборудования машиностроительных предприятий. Изд. шестое, изд. "Машиностроение", М., 1967.
2. Электротехнический справочник. Т.1. Глав. ред. А.Г. Чиликин. Изд. третье. Госэнергоиздат, М.-Л., 1961.
3. Болешев Л.Н., Смирнов Н.В. Таблицы математической статистики. Изд. "Наука", М., 1965.