

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра строительства,  
энергетики и транспорта**

**Методические указания  
к практическим занятиям для студентов**

по дисциплине: **Б1.О.32 Приемники и потребители электрической  
энергии систем электроснабжения**

для направления подготовки (специальности)

13.03.02

код направления подготовки

«Электроэнергетика и электротехника». Профиль – «Электроснабжение»

наименование направления подготовки

Очная – 4 курс, заочная – 5 курс формы обучения

код и наименование специальности, форма обучения

Мурманск  
2021

Составил: Васильева Елена Витальевна, доцент кафедры строительства, электроэнергетики и транспорта Мурманского государственного технического университета

Методические указания к практическим занятиям студентов рассмотрены и одобрены на заседании кафедры СЭиТ 01.07. 2021 г., протокол № 05

Методические указания составлены на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», утвержденного приказом Минобрнауки РФ 03.09.2015 № 955, учебного плана в составе ОПОП по направлению подготовки/специальности 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника», профиль «Электроснабжение».

Процесс изучения дисциплины «Приемники и потребители электрической энергии систем электроснабжения» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО:

ОПК-1 Способность осуществлять поиск, обработку и анализ информации из различных источников и представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий

ПК-2 Способность рассчитывать параметры электрооборудования системы электроснабжения объекта, анализировать режимы работы систем электроснабжения объектов.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать: какими электроэнергетическими характеристиками описываются приемники электроэнергии; основные характеристики и классификация электроприемников промышленных предприятий, городов, сельского хозяйства и транспортных систем; технологические особенности отдельных электроприемников и потребителей электроэнергии; взаимосвязи между потребителями и системой электроснабжения; показатели графиков нагрузки электроприемников и потребителей; основные энергосберегающие мероприятия в системах электроснабжения.

Уметь: снимать и анализировать графики нагрузки; подключать и эксплуатировать общепромышленное оборудование.

Владеть: информацией о технических параметрах оборудования для использования при анализе графиков электрических нагрузок

## **ОГЛАВЛЕНИЕ**

|  |    |
|--|----|
| 1 .ВВЕДЕНИЕ                                      | 4  |
| 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ | 5  |
| 3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ               | 39 |

## ВВЕДЕНИЕ

Одной из основных задач практических занятий является закрепление у студентов знаний теоретического курса. Кроме того, решение практических задач помогает лучше понять и представить физические процессы, происходящие в электрических сетях электроснабжения промышленных предприятий. В методических указаниях помимо заданий для проведения практических работ приведены типичные задачи, возникающие при расчётах, анализе работы и проектировании сетей промышленных предприятий.

# МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

## Практическое занятие 1

В соответствии с вариантом задания необходимо построить групповой график электрической нагрузки.

Таблица 1 – Состав электроприемников по вариантам

| №<br>варианта | Состав электроприемников |    |    |    |    |    |    |
|---------------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|
|               |                          |    |    |    |    |    |    |
| 1             | 3                        | 12 | 9  | 6  | 3  | 7  | 11 |
| 2             | 7                        | 12 | 10 | 7  | 4  | 1  | 3  |
| 3             | 5                        | 1  | 11 | 8  | 5  | 2  | 4  |
| 4             | 4                        | 2  | 12 | 9  | 6  | 3  | 5  |
| 5             | 3                        | 3  | 9  | 10 | 7  | 4  | 6  |
| 6             | 7                        | 4  | 1  | 11 | 8  | 5  | 7  |
| 7             | 8                        | 5  | 2  | 12 | 9  | 6  | 8  |
| 8             | 11                       | 6  | 3  | 5  | 10 | 7  | 9  |
| 9             | 2                        | 7  | 4  | 1  | 11 | 8  | 10 |
| 10            | 1                        | 8  | 5  | 2  | 12 | 9  | 11 |
| 11            | 3                        | 9  | 6  | 3  | 7  | 10 | 1  |
| 12            | 12                       | 10 | 7  | 4  | 1  | 11 | 2  |
| 13            | 7                        | 11 | 8  | 5  | 2  | 12 | 3  |
| 14            | 9                        | 12 | 9  | 6  | 3  | 1  | 4  |
| 15            | 4                        | 1  | 10 | 7  | 4  | 2  | 5  |
| 16            | 6                        | 2  | 11 | 8  | 5  | 3  | 6  |
| 17            | 7                        | 3  | 12 | 9  | 6  | 1  | 7  |
| 18            | 4                        | 4  | 1  | 10 | 7  | 2  | 8  |
| 19            | 8                        | 5  | 2  | 11 | 8  | 3  | 9  |
| 20            | 10                       | 6  | 3  | 12 | 9  | 4  | 10 |
| 21            | 11                       | 7  | 4  | 1  | 10 | 5  | 11 |
| 22            | 4                        | 8  | 5  | 2  | 11 | 6  | 12 |
| 23            | 3                        | 9  | 6  | 3  | 12 | 7  | 1  |
| 24            | 2                        | 10 | 7  | 4  | 9  | 8  | 2  |
| 25            | 1                        | 11 | 8  | 5  | 3  | 9  | 2  |
| 26            | 12                       | 10 | 7  | 6  | 1  | 11 | 2  |
| 27            | 7                        | 11 | 8  | 9  | 2  | 12 | 3  |
| 28            | 9                        | 12 | 9  | 10 | 3  | 1  | 4  |

Таблица 2 – Потребляемая мощность электроприемников в течении смены, кВт

| №  | 0-1 | 1-2 | 2-3 | 3-4  | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 |
|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 14  | 26  | 17  | 22,5 | 26  | 11  | 12  | 8   |
| 2  | 7   | 8   | 9   | 14   | 11  | 11  | 5   | 5   |
| 3  | 17  | 17  | 14  | 17   | 15  | 16  | 17  | 16  |
| 4  | 4   | 5   | 7   | 7    | 7   | 7   | 7   | 2   |
| 5  | 20  | 7   | 8   | 18   | 15  | 17  | 20  | 8   |
| 6  | 6   | 8   | 8   | 11   | 7   | 11  | 10  | 6   |
| 7  | 9   | 11  | 5   | 11   | 16  | 16  | 11  | 13  |
| 8  | 20  | 19  | 15  | 17   | 18  | 20  | 21  | 20  |
| 9  | 25  | 26  | 16  | 15   | 31  | 27  | 21  | 17  |
| 10 | 22  | 24  | 30  | 31   | 29  | 31  | 27  | 25  |
| 11 | 3   | 4   | 5   | 5    | 4   | 5   | 6   | 4   |
| 12 | 6   | 7   | 9   | 8    | 11  | 9   | 6   | 9   |

Таблица 3 – Электрические параметры электроприемников

| №  | $P_H$ | $\cos\varphi$ |
|----|-------|---------------|
| 1  | 28    | 0,85          |
| 2  | 14    | 0,73          |
| 3  | 18    | 0,65          |
| 4  | 8     | 0,91          |
| 5  | 22    | 0,75          |
| 6  | 13    | 0,81          |
| 7  | 17    | 0,87          |
| 8  | 23    | 0,67          |
| 9  | 31    | 0,88          |
| 10 | 35    | 0,58          |
| 11 | 7     | 0,71          |
| 12 | 12    | 0,8           |

### Методические указания

Для группы из 7 электроприемников составьте сводную таблицу с указанием потребляемой мощности в часы смены:

| №     | Потребляемая мощность, кВт |     |     |     |     |     |     | Средняя нагрузка |     |
|-------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|-----|
|       | 0-1                        | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 |                  | 7-8 |
| 1     |                            |     |     |     |     |     |     |                  |     |
| ...   |                            |     |     |     |     |     |     |                  |     |
| п     |                            |     |     |     |     |     |     |                  |     |
| Итого |                            |     |     |     |     |     |     |                  |     |

Используя полученные значения суммарной потребляемой мощности в течении смены, постройте групповой график нагрузки.

### Практическое занятие 2

В соответствии с вариантом задания необходимо определить физические и безразмерные величины группы электроприемников.

Таблица 4 – Состав электроприемников по вариантам

| № варианта | Состав электроприемников |    |    |    |    |    |    |
|------------|--------------------------|----|----|----|----|----|----|
| 1          | 3                        | 12 | 9  | 6  | 3  | 7  | 11 |
| 2          | 7                        | 12 | 10 | 7  | 4  | 1  | 3  |
| 3          | 5                        | 1  | 11 | 8  | 5  | 2  | 4  |
| 4          | 4                        | 2  | 12 | 9  | 6  | 3  | 5  |
| 5          | 3                        | 3  | 9  | 10 | 7  | 4  | 6  |
| 6          | 7                        | 4  | 1  | 11 | 8  | 5  | 7  |
| 7          | 8                        | 5  | 2  | 12 | 9  | 6  | 8  |
| 8          | 11                       | 6  | 3  | 5  | 10 | 7  | 9  |
| 9          | 2                        | 7  | 4  | 1  | 11 | 8  | 10 |
| 10         | 1                        | 8  | 5  | 2  | 12 | 9  | 11 |
| 11         | 3                        | 9  | 6  | 3  | 7  | 10 | 1  |
| 12         | 12                       | 10 | 7  | 4  | 1  | 11 | 2  |
| 13         | 7                        | 11 | 8  | 5  | 2  | 12 | 3  |
| 14         | 9                        | 12 | 9  | 6  | 3  | 1  | 4  |
| 15         | 4                        | 1  | 10 | 7  | 4  | 2  | 5  |
| 16         | 6                        | 2  | 11 | 8  | 5  | 3  | 6  |
| 17         | 7                        | 3  | 12 | 9  | 6  | 1  | 7  |
| 18         | 4                        | 4  | 1  | 10 | 7  | 2  | 8  |
| 19         | 8                        | 5  | 2  | 11 | 8  | 3  | 9  |

|    |    |    |   |    |    |    |    |
|----|----|----|---|----|----|----|----|
| 20 | 10 | 6  | 3 | 12 | 9  | 4  | 10 |
| 21 | 11 | 7  | 4 | 1  | 10 | 5  | 11 |
| 22 | 4  | 8  | 5 | 2  | 11 | 6  | 12 |
| 23 | 3  | 9  | 6 | 3  | 12 | 7  | 1  |
| 24 | 2  | 10 | 7 | 4  | 9  | 8  | 2  |
| 25 | 1  | 11 | 8 | 5  | 3  | 9  | 2  |
| 26 | 12 | 10 | 7 | 6  | 1  | 11 | 2  |
| 27 | 7  | 11 | 8 | 9  | 2  | 12 | 3  |
| 28 | 9  | 12 | 9 | 10 | 3  | 1  | 4  |

Таблица 5 – Потребляемая мощность электроприемников в течении смены, кВт

| №  | 0-1 | 1-2 | 2-3 | 3-4  | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 |
|----|-----|-----|-----|------|-----|-----|-----|-----|
| 1  | 14  | 26  | 17  | 22,5 | 26  | 11  | 12  | 8   |
| 2  | 7   | 8   | 9   | 14   | 11  | 11  | 5   | 5   |
| 3  | 17  | 17  | 14  | 17   | 15  | 16  | 17  | 16  |
| 4  | 4   | 5   | 7   | 7    | 7   | 7   | 7   | 2   |
| 5  | 20  | 7   | 8   | 18   | 15  | 17  | 20  | 8   |
| 6  | 6   | 8   | 8   | 11   | 7   | 11  | 10  | 6   |
| 7  | 9   | 11  | 5   | 11   | 16  | 16  | 11  | 13  |
| 8  | 20  | 19  | 15  | 17   | 18  | 20  | 21  | 20  |
| 9  | 25  | 26  | 16  | 15   | 31  | 27  | 21  | 17  |
| 10 | 22  | 24  | 30  | 31   | 29  | 31  | 27  | 25  |
| 11 | 3   | 4   | 5   | 5    | 4   | 5   | 6   | 4   |
| 12 | 6   | 7   | 9   | 8    | 11  | 9   | 6   | 9   |

Таблица 6 – Электрические параметры электроприемников

| № | $P_H$ | $\cos\varphi$ |
|---|-------|---------------|
| 1 | 28    | 0,85          |
| 2 | 14    | 0,73          |
| 3 | 18    | 0,65          |

|    |    |      |
|----|----|------|
| 4  | 8  | 0,91 |
| 5  | 22 | 0,75 |
| 6  | 13 | 0,81 |
| 7  | 17 | 0,87 |
| 8  | 23 | 0,67 |
| 9  | 31 | 0,88 |
| 10 | 35 | 0,58 |
| 11 | 7  | 0,71 |
| 12 | 12 | 0,8  |

### Методические указания

Для группы из 7 электроприемников составьте сводную таблицу с указанием потребляемой мощности в часы смены:

| №     | Потребляемая мощность, кВт |     |     |     |     |     |     |     | Средняя нагрузка |
|-------|----------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------|
|       | 0-1                        | 1-2 | 2-3 | 3-4 | 4-5 | 5-6 | 6-7 | 7-8 |                  |
| 1     |                            |     |     |     |     |     |     |     |                  |
| ...   |                            |     |     |     |     |     |     |     |                  |
| п     |                            |     |     |     |     |     |     |     |                  |
| Итого |                            |     |     |     |     |     |     |     |                  |

1 Определите максимальную, среднеквадратичную и среднюю электроприемников.

2 Найдите безразмерные показатели: групповой коэффициент использования, коэффициент максимума, коэффициент спроса, коэффициент заполнения графика, коэффициент формы графика и групповой коэффициент загрузки.

### Практическое занятие 3

Определите расчетную нагрузку однофазных электроприемников, включенных на фазное (нагревательные печи) и линейное напряжение (сварочная машина с тремя однофазными сварочными трансформаторами и четыре сварочных аппарата) сети 380/220 В.

Таблица 7 – Характеристика электроприемников

| №<br>вари<br>анта | Нагреватель<br>ные печи,<br>Cosφ=1 |                | Однофазный<br>сварочный<br>трансформатор |           |      |                 | Сварочный<br>аппарат<br>№1,2, ПВ=40% |      |                 | Сварочный<br>аппарат<br>№3,4, ПВ=40% |      |                 |
|-------------------|------------------------------------|----------------|--|-----------|------|-----------------|--------------------------------------|------|-----------------|--------------------------------------|------|-----------------|
|                   | Р <sub>н</sub> ,<br>кВт            | к <sub>н</sub> | S <sub>пасп</sub> ,<br>кВА               | ПВ<br>, % | Cosφ | к <sub>н1</sub> | S <sub>пасп</sub>                    | Cosφ | к <sub>н2</sub> | S <sub>пасп</sub>                    | Cosφ | к <sub>н3</sub> |
| 1                 | 21                                 | 0,53           | 450                                      | 1,5       | 0,37 | 0,35            | 78                                   | 0,51 | 0,33            | 83                                   | 0,46 | 0,33            |
| 2                 | 32                                 | 0,55           | 540                                      | 1,3       | 0,38 | 0,4             | 82                                   | 0,46 | 0,28            | 79                                   | 0,48 | 0,35            |
| 3                 | 21                                 | 0,51           | 490                                      | 1,7       | 0,39 | 0,37            | 85                                   | 0,48 | 0,3             | 115                                  | 0,55 | 0,23            |
| 4                 | 36                                 | 0,54           | 370                                      | 1,6       | 0,41 | 0,32            | 90                                   | 0,55 | 0,31            | 111                                  | 0,53 | 0,29            |
| 5                 | 15                                 | 0,5            | 440                                      | 1,5       | 0,42 | 0,38            | 95                                   | 0,53 | 0,4             | 107                                  | 0,47 | 0,25            |
| 6                 | 17                                 | 0,53           | 590                                      | 1,2       | 0,37 | 0,41            | 100                                  | 0,47 | 0,41            | 85                                   | 0,51 | 0,33            |
| 7                 | 28                                 | 0,55           | 510                                      | 1,5       | 0,38 | 0,35            | 102                                  | 0,51 | 0,37            | 90                                   | 0,46 | 0,35            |
| 8                 | 16                                 | 0,51           | 550                                      | 1,3       | 0,39 | 0,4             | 97                                   | 0,46 | 0,23            | 95                                   | 0,48 | 0,29            |
| 9                 | 21                                 | 0,54           | 630                                      | 1,7       | 0,41 | 0,37            | 81                                   | 0,48 | 0,29            | 100                                  | 0,55 | 0,33            |
| 10                | 23                                 | 0,5            | 580                                      | 1,6       | 0,42 | 0,32            | 83                                   | 0,55 | 0,25            | 102                                  | 0,53 | 0,28            |
| 11                | 27                                 | 0,53           | 420                                      | 1,5       | 0,37 | 0,38            | 79                                   | 0,53 | 0,33            | 97                                   | 0,47 | 0,3             |
| 12                | 14                                 | 0,55           | 380                                      | 1,2       | 0,38 | 0,41            | 115                                  | 0,47 | 0,35            | 111                                  | 0,51 | 0,31            |
| 13                | 16                                 | 0,51           | 620                                      | 1,5       | 0,39 | 0,35            | 111                                  | 0,51 | 0,29            | 107                                  | 0,46 | 0,4             |
| 14                | 19                                 | 0,54           | 480                                      | 1,3       | 0,41 | 0,4             | 107                                  | 0,46 | 0,33            | 65                                   | 0,48 | 0,41            |
| 15                | 22                                 | 0,5            | 530                                      | 1,7       | 0,42 | 0,37            | 65                                   | 0,48 | 0,28            | 96                                   | 0,55 | 0,37            |
| 16                | 25                                 | 0,53           | 460                                      | 1,6       | 0,37 | 0,32            | 96                                   | 0,55 | 0,3             | 66                                   | 0,53 | 0,23            |
| 17                | 16                                 | 0,55           | 410                                      | 1,5       | 0,38 | 0,38            | 66                                   | 0,53 | 0,31            | 111                                  | 0,47 | 0,29            |
| 18                | 13                                 | 0,51           | 560                                      | 1,2       | 0,39 | 0,41            | 97                                   | 0,47 | 0,41            | 107                                  | 0,51 | 0,33            |
| 19                | 34                                 | 0,54           | 520                                      | 1,5       | 0,41 | 0,35            | 111                                  | 0,51 | 0,37            | 85                                   | 0,53 | 0,28            |
| 20                | 29                                 | 0,5            | 390                                      | 1,3       | 0,42 | 0,4             | 81                                   | 0,48 | 97              | 107                                  | 0,46 | 0,29            |
| 21                | 14                                 | 0,53           | 430                                      | 1,7       | 0,37 | 0,37            | 83                                   | 0,55 | 111             | 85                                   | 0,48 | 0,25            |
| 22                | 35                                 | 0,55           | 600                                      | 1,6       | 0,38 | 0,32            | 79                                   | 0,53 | 107             | 90                                   | 0,55 | 0,33            |
| 23                | 24                                 | 0,51           | 570                                      | 1,5       | 0,39 | 0,38            | 115                                  | 0,47 | 65              | 95                                   | 0,53 | 0,35            |
| 24                | 30                                 | 0,54           | 610                                      | 1,2       | 0,41 | 0,41            | 111                                  | 0,51 | 96              | 100                                  | 0,47 | 0,29            |
| 25                | 19                                 | 0,5            | 470                                      | 1,5       | 0,42 | 0,37            | 107                                  | 0,46 | 66              | 110                                  | 0,51 | 0,33            |
| 26                | 20                                 | 0,51           | 620                                      | 1,5       | 0,39 | 0,35            | 111                                  | 0,51 | 0,29            | 107                                  | 0,46 | 0,4             |
| 27                | 23                                 | 0,54           | 480                                      | 1,3       | 0,41 | 0,4             | 107                                  | 0,46 | 0,33            | 60                                   | 0,48 | 0,41            |
| 28                | 21                                 | 0,5            | 530                                      | 1,7       | 0,42 | 0,37            | 65                                   | 0,48 | 0,28            | 90                                   | 0,55 | 0,37            |

### Методические указания

1. Определите приведенную к продолжительному режиму работы номинальную мощность групп электроприемников.
2. Определите общую мощность однофазных электроприемников.
3. Распределите электроприемники 220В и 380В максимально равномерно по фазам.
4. Определите средние нагрузки за наиболее загруженную смену электроприемников, включенных на фазное напряжение.
5. Приведите номинальные мощности электроприемников, включенных на линейное напряжение к нагрузкам одной фазы.

| Коэффициенты приведения  | Коэффициенты мощности нагрузки |       |      |      |      |      |      |       |       |
|--------------------------|--------------------------------|-------|------|------|------|------|------|-------|-------|
|                          | 0,3                            | 0,4   | 0,5  | 0,6  | 0,65 | 0,7  | 0,8  | 0,9   | 1     |
| $P(AB)A, P(BC)B, P(AC)C$ | 1,4                            | 1,17  | 1,0  | 0,89 | 0,84 | 0,8  | 0,72 | 0,64  | 0,5   |
| $P(AB)B, P(BC)C, P(AC)A$ | -0,4                           | -0,17 | 0    | 0,11 | 0,16 | 0,2  | 0,28 | 0,36  | 0,5   |
| $Q(AB)A, Q(BC)B, Q(AC)C$ | 1,26                           | 0,86  | 0,58 | 0,38 | 0,3  | 0,22 | 0,09 | -0,05 | -0,29 |
| $Q(AB)B, Q(BC)C, Q(AC)A$ | 2,45                           | 1,44  | 1,16 | 0,96 | 0,88 | 0,8  | 0,67 | 0,53  | 0,29  |

6. Определите средние активные и реактивные нагрузки за наиболее загруженную смену однофазных электроприемников, включенных на линейное напряжение и отнесенные к соответствующим фазам.
7. Определите суммарные средние нагрузки однофазных электроприемников, включенных на фазное и линейное напряжение.
8. Определите наиболее загруженную фазу и средневзвешенный коэффициент использования, соответствующий наиболее загруженной фазе.
9. Определите эффективное число электроприемников и коэффициент максимума нагрузки.
10. Определите расчетную нагрузку трехфазного тока от однофазных электроприемников.

### Практическое занятие 4,5

При выполнении практической работы необходимо выполнить следующие:

Произвести расчет силовой нагрузки заданного участка или отделения промышленного предприятия

1. Произвести расчет осветительной нагрузки заданного участка или отделения промышленного предприятия
2. Построить суточный и годовой график нагрузки заданного участка или отделения промышленного предприятия
3. Определить расположение, высоту подвеса светильников

4. Выполнить чертеж заданного участка или отделения промышленного предприятия с расположением оборудования и рассчитанных осветительных приборов

Исходные данные для выполнения ПР приведены в таблице 8 и на рисунках 1, 2, 3, 4. Масштаб на приведенных рисунках указан отрезком равным 4 метра.

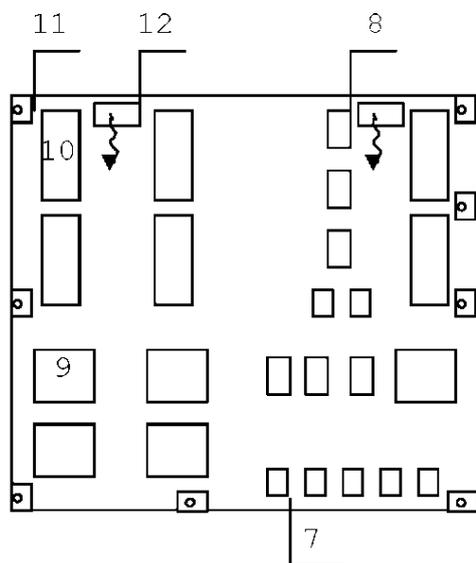
### Исходные данные

Таблица 8

| Наименование участка цеха | Номер по плану участка | Тип оборудования                   | Установленная мощность (кВт) | Количество по вариантам |    |     |    |   |   |
|---------------------------|------------------------|------------------------------------|------------------------------|-------------------------|----|-----|----|---|---|
|                           |                        |                                    |                              | I                       | II | III | IV | V |   |
| 1                         | 2                      | 3                                  | 4                            | 5                       | 6  | 7   | 8  | 9 |   |
| 1. Механический участок   | 1                      | Металлорежущие станки              | 1,0                          | 4                       | 3  | 6   | 5  | 2 |   |
|                           |                        |                                    | 1,6                          | 3                       | 3  | 2   | 4  | 4 |   |
|                           |                        |                                    | 2,0                          | 5                       | 4  | 3   | 4  | 6 |   |
|                           |                        |                                    | 2,5                          | 4                       | 6  | 5   | 3  | 4 |   |
|                           | 2                      | Металлорежущие станки              | 5,0                          | 5                       | 6  | 3   | 4  | 5 |   |
|                           |                        |                                    | 7,0                          | 4                       | 5  | 5   | 6  | 3 |   |
|                           |                        |                                    | 10,0                         | 5                       | 4  | 6   | 4  | 5 |   |
|                           |                        |                                    | 15,0                         | 6                       | 4  | 5   | 6  | 3 |   |
|                           |                        |                                    | 20,5                         | 4                       | 5  | 5   | 4  | 8 |   |
|                           | 3                      | Карусельные станки с ЧПУ           | 105                          | 1                       | 2  | 1   | -  | 2 |   |
|                           |                        |                                    | 125                          | 1                       | 1  | 2   | 2  | - |   |
|                           |                        |                                    | 150                          | 1                       | -  | -   | 1  | 1 |   |
|                           | 4                      | Универсальные станки с ЧПУ         | 55                           | 2                       | 2  | 3   | 3  | 2 |   |
|                           |                        |                                    | 70                           | 1                       | 2  | -   | 1  | 2 |   |
|                           |                        |                                    | 85                           | 1                       |    | 1   | -  | - |   |
|                           | 5                      | Вентиляторы                        | 7,5                          | 4                       | 2  | 3   | 5  | 1 |   |
|                           |                        |                                    | 11                           | 2                       | 4  | 3   | 1  | 5 |   |
|                           | 6                      | Кран-балки                         | 22                           | 2                       | 2  | 2   | 2  | 2 |   |
|                           | 2. Сварочный участок   | 7                                  | Металлорежущие станки        | 1,2                     | 1  | 2   | 3  | 3 | 4 |
|                           |                        |                                    |                              | 2,5                     | 2  | 2   | 1  | 2 | 2 |
|                           |                        |                                    |                              | 5,0                     | 4  | 3   | 3  | 2 | 1 |
| 8                         |                        | Машины дуговой сварки (однофазные) | 9 (кВ-А)                     | 3                       | 4  | 2   | 2  | 2 |   |
|                           |                        |                                    | 18 (кВ-А)                    | 2                       | 1  | 2   | 3  | 1 |   |
|                           |                        |                                    | 24 (кВ-А)                    | 1                       | 1  | 2   | 1  | 3 |   |
| 9                         |                        | Установки шовной сварки            | 56 (кВ-А)                    | 1                       | 1  | 2   | 3  | 2 |   |
|                           |                        |                                    | 84 (кВ-А)                    | 1                       | 3  | 2   | 1  | 1 |   |

|                               |                             |  |                                       |             |             |             |             |             |
|-------------------------------|-----------------------------|--|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|                               |                             | (однофазные)                           | 96 (кВ-А)                             | 3           | 1           | 1           | 1           | 2           |
|                               | 10                          | Установки стыковой сварки (однофазные) | 98 (кВ-А)<br>104 (кВ-А)<br>120 (кВ-А) | 4<br>1<br>1 | 3<br>2<br>1 | 2<br>2<br>2 | 2<br>3<br>1 | 3<br>1<br>2 |
|                               | 11                          | Вентиляторы                            | 7,5<br>11                             | 6<br>2      | 5<br>3      | 4<br>4      | 3<br>5      | 2<br>6      |
|                               | 12                          | Кран-балки                             | 30                                    | 2           | 2           | 2           | 2           | 2           |
| 3. Термическое отделение      | 13                          | Металлорежущие станки                  | 2,5                                   | 2           | 3           | 4           | 3           | 1           |
|                               |                             |  | 1,0                                   | 4           | 1           | 1           | 2           | 3           |
|                               |                             |  | 4,5                                   | 1           | 3           | 2           | 2           | 3           |
|                               | 14                          | Электropечи сопротивления              | 15                                    | 2           | 1           | 3           | 1           | 2           |
|                               |                             |  | 35                                    | 2           | 3           | 1           | 2           | 1           |
|                               |                             |  | 40                                    | 2           | 2           | 2           | 3           | 3           |
|                               | 15                          | Электropечи сопротивления              | 70                                    | 1           | 1           | 1           | 1           | 1           |
|                               |                             |  | 120                                   | 2           | 1           | 1           | 2           | 1           |
| 230                           |                             |  | 1                                     | 1           | 2           | 1           | 2           |             |
| 360                           |                             |  | 1                                     | 2           | 1           | 1           | 1           |             |
| 16                            | Индукционные канальные печи | 18                                     | 2                                     | 2           | 1           | 3           | 4           |             |
|                               |                             | 28                                     | 4                                     | 3           | 3           | 1           | 2           |             |
|                               |                             | 36                                     | 2                                     | 3           | 4           | 2           | 1           |             |
|                               |                             | 60                                     | 2                                     | 2           | 2           | 4           | 3           |             |
| 17                            | Индукционные тигельные печи | 170                                    | 3                                     | 4           | 5           | 6           | 6           |             |
|                               |                             | 230                                    | 4                                     | 3           | 2           | 1           | 1           |             |
| 18                            | Вентиляторы                 | 3                                      | 4                                     | 3           | 2           | 5           | 6           |             |
|                               |                             | 7,5                                    | 4                                     | 5           | 6           | 3           | 2           |             |
| 19                            | Кран-балки                  | 30                                     | 2                                     | 2           | 2           | 2           | 2           |             |
| 4. Электроремонтное отделение | 20                          | Универсальные электроремонтные станды  | 3,5                                   | 5           | 4           | 6           | 3           | 4           |
|                               |                             |  | 5,2                                   | 4           | 6           | 2           | 4           | 4           |
|                               |                             |  | 7,0                                   | 4           | 5           | 4           | 6           | 6           |
|                               |                             |  | 10                                    | 4           | 2           | 5           | 4           | 3           |
|                               | 21                          | Универсальные металлорежущие станки    | 10,0                                  | 3           | 2           | 1           | 4           | 1           |
|                               |                             |  | 14,5                                  | 2           | 1           | 3           | 1           | 4           |
|                               |                             |  | 18,0                                  | 1           | 3           | 2           | 1           | 1           |
| 22                            | Печь сопротивления          | 35                                     | 1                                     | 1           | 1           | 1           | 1           |             |
| 23                            | Вентиляторы                 | 5,5                                    | 3                                     | 3           | 3           | 3           | 3           |             |

а)



б)

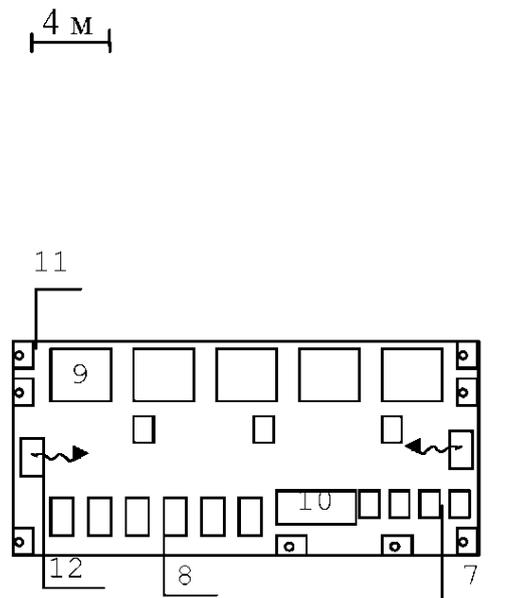


Рис.1 Расстановка оборудования сварочного участка

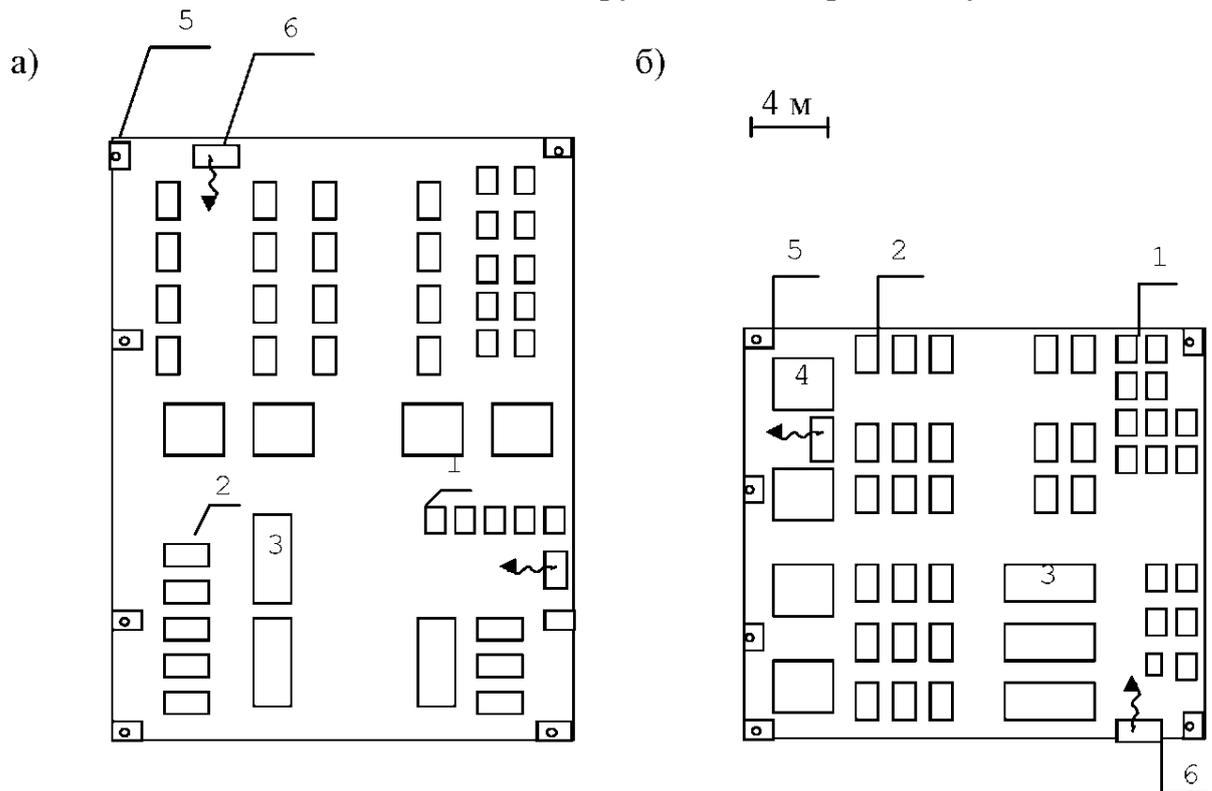


Рис.2 Расстановка оборудования механического участка

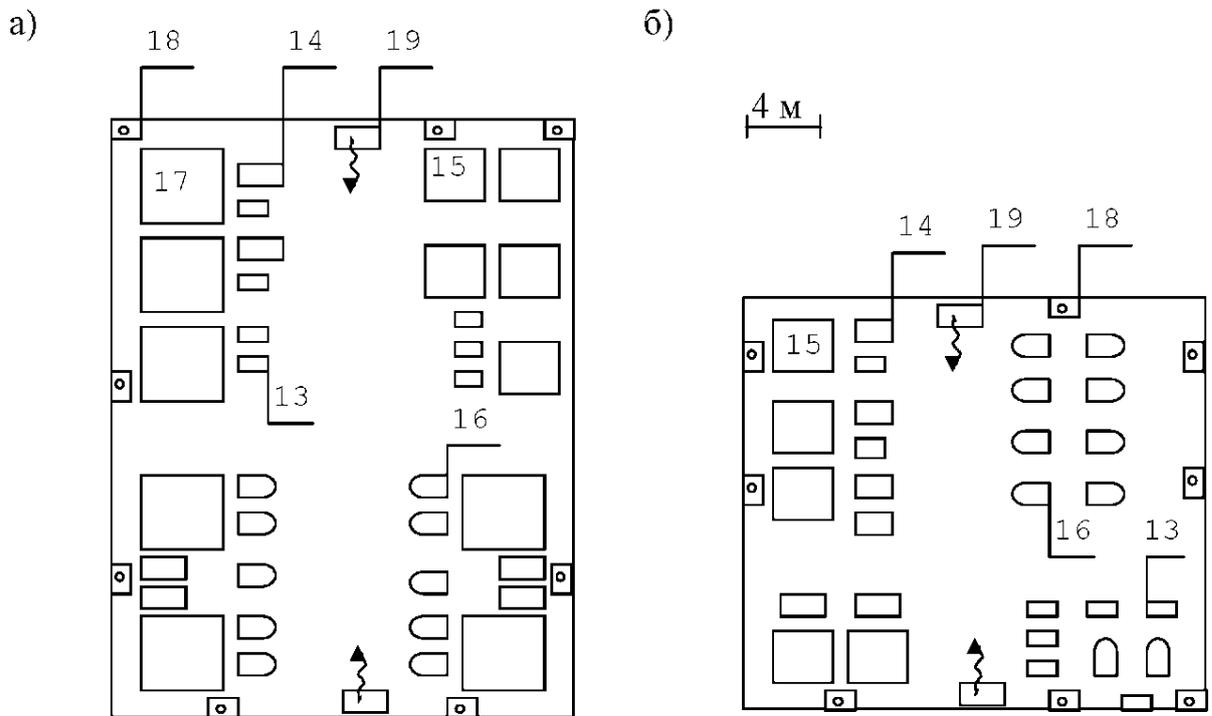
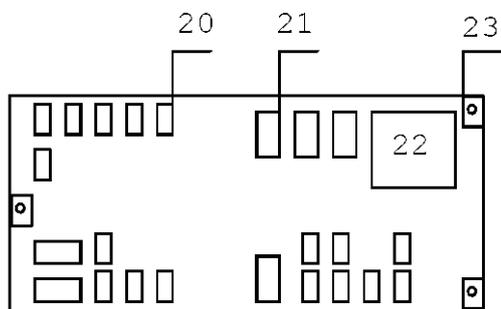


Рис.3 Расстановка оборудования термического участка

а)



б)

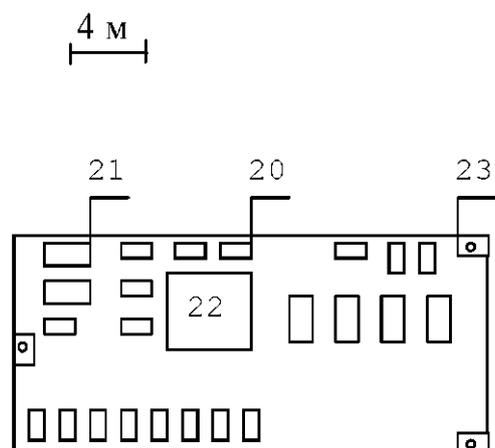


Рис.4 Расстановка оборудования электроремонтного участка

Пример для выбора исходных данных для *варианта 315*:

3 – Термическое отделение

1 – Первый вариант размещения оборудования на этом отделении т.е.

рис. 3а

5 – Пятый вариант по мощности оборудования. Таблица 1 столбец “V”

## Методические указания к выполнению ПР

### Характеристика потребителей электроэнергии

#### Категории надежности потребителей электроэнергии

Бесперебойность (надежность) электроснабжения электроприемников (потребителей) электроэнергии в любой момент времени определяется режимами их работы. В отношении обеспечения надежности электроснабжения, характера и тяжести последствий от перерыва питания приемники электрической энергии, согласно ПУЭ разделяются на следующие категории:

Электроприемники первой категории – электроприемники, перерыв электроснабжение которых может повлечь за собой опасность для жизни людей, значительный ущерб народному хозяйству, повреждение дорогостоящего оборудования, массовый брак продукции, расстройство сложного технологического процесса, нарушение функционирования особо важных элементов коммунального хозяйства. Удельный вес нагрузок потребителей первой категории в большинстве отраслей промышленности невелик, за исключением химических и металлургических производств. На нефтехимических заводах нагрузка потребителей первой категории составляет от суммарной расчетной нагрузки. На металлургических заводах, имеющих в своем составе только коксохимические, доменные и конверторные цеха нагрузка первой категории равна.

Из состава электроприемников первой категории выделена так называемая особая группа электроприемников, бесперебойная работа которых необходима для безаварийного останова производства с целью предотвращения угрозы жизни людей, взрывов, пожаров и повреждения дорогостоящего оборудования. К ним относятся электродвигатели задвижек, приводы компрессоров, вентиляторов, насосов подъемных машин на подземных рудниках.

Электроприемники: первой категории должны обеспечиваться питанием от двух независимых взаимно резервирующих источников питания, перерыв их электроснабжения при аварии на одном из источников питания может быть допущен лишь на время автоматического восстановления питания.

Электроприемники второй категории – это такие электроприемники, перерыв электроснабжения которых приводит к массовому недоотпуску продукции, к массовому простоям рабочих, механизмов, промышленного транспорта, нарушению нормальной деятельности значительного числа городских и сельских жителей. Электроприемники второй категории рекомендуется обеспечивать электроэнергией от двух независимых источников питания.

Для данной категории при нарушении электроснабжения одного источника питания допустимы перерывы электроснабжения на время, необходимое для включения резервного питания действиями дежурного персонала или выездной оперативной бригадой.

Электроприемниками третьей категории называются все остальные электроприемники, не подходящие под определение вышеизложенных. К ним можно отнести электроприемники во вспомогательных цехах, на неответственных

складах. Для их электроснабжения достаточно одного их источников питания, при условии, что перерывы в электроснабжении достаточно одного из источников питания при условии, что перерывы в электроснабжении, необходимые для ремонта или замены поврежденного аппарата, не превышают суток.

### Режимы работы электроприемников

Согласно ГОСТ 183-74 различают восемь номинальных режимов работы электроприемников:

1. продолжительный;
2. кратковременный;
3. повторно-кратковременный;
4. повторно-кратковременный с частичными пусками;
5. повторно-кратковременный с частичными пусками и электрическим торможением;
6. перемежающийся;
7. перемежающийся с частыми реверсами;
8. перемежающийся с двумя или более частотами вращения.

Рассмотрим три основных режима работы, характерных для большинства электроприемников промышленных предприятий, - продолжительный, кратковременный и повторно-кратковременный.

### Продолжительный режим работы

В этом режиме электрические машины и аппараты могут работать длительное время без превышения температуры отдельных частей машины или аппарата выше допустимой; при этом условии обеспечивается безаварийная работа электроустановок. Поэтому в паспорте электроприемников, трансформаторов и генераторов электрических станций указывается значение номинальной (установленной) мощности, которая гарантирует сохранность изоляции от перегрева.

В продолжительном режиме работают электроприводы большинства насосов, компрессоров, вентиляторов, механизмы непрерывного транспорта, нагревательные печи.

Для силовой (двигательной) нагрузки и нагрузки электропечей номинальная мощность электроприемников принимается по паспортным данным:

$$P_{\text{ном.э.д.}} = P_{\text{паспор.}}$$

$$P_{\text{ном.нег.}} = P_{\text{паспор.}}$$

Для выпрямительных установок:

$$P_{\text{ном.в.у.}} = S_{\text{паспр.}} \cdot \cos\varphi_{\text{пасп}}$$

Как правило, для выпрямительных установок  $\cos\varphi = 0,57$ .

Номинальная мощность трансформаторов определяется:

$$P_{\text{ном.тр.}} = S_{\text{ном.}} \cdot \cos\varphi_{\text{пасп}}$$

### Повторно-кратковременный режим работы

В этом режиме кратковременные периоды работы механизма чередуются с паузами. При это рабочие периоды не настолько длительны, чтобы превышении температуры нагрева электроустановок над температурой окружающей среды  $t$  могло быстро достигнуть установившегося значения  $t_{уст.}$ , а во время пауз электроустановка не успевает охладиться до температуры окружающей среды. В результате многократных приемов температура электроустановки достигает некоторой средней установившейся величины  $t_{ср.}$

В повторно-кратковременном режиме работают электроприводы механизмов подъемно-транспортных машин, приводы прокатных станов, электросварочные аппараты для точечной сварки.

Для данных механизмов указанная в паспорте мощность повторно-кратковременного режима должна быть приведена к номинальной мощности продолжительного режима  $P_{ном.}$ , при ПВ=100 %

$$P_{ном} = P_{пасп} \sqrt{ПВ_{пасп}}$$

Для сварочных машин и трансформаторов электропечей:

$$P_{ном} = S_{пасп} \sqrt{ПВ_{пасп}} \cos \varphi_{пасп}$$

### Кратковременный режим работы

Он характеризуется небольшими по времени периодами работы и длительными паузами с отключением электроприемника от сети. Иначе говоря, период работы имеет столь ограниченную продолжительность, что превышение температуры окружающей среды не успевает достигнуть предельных значений, а продолжительность пауз между периодами работы столь велика, что электрооборудование успевает охладиться до температуры окружающей среды.

В кратковременном режиме работают вспомогательные механизмы металлорежущих станков, электроприводы различных заслонок, задвижек, где пауза значительно превышает длительность периода работы

По ГОСТ 189-74-74 принимается длительность периода работы ЭП с неизменной номинальной нагрузкой в кратковременном режиме 10, 30, 60 и 90 минут.

### Алгоритм выбора методики расчёта силовой нагрузки

Для определения расчётной нагрузки можно воспользоваться несколькими методами:

1. Метод удельного расхода электроэнергии;
2. Метод технологического графика работы электроприёмников;
3. Статистический метод;
4. Метод упорядоченных диаграмм;
5. Метод установленной мощности и коэффициента спроса;
6. Метод удельной нагрузки на единицу производственной мощности.

Алгоритм выбора наиболее оптимального метода определения расчётной нагрузки изображен на рис. 5.

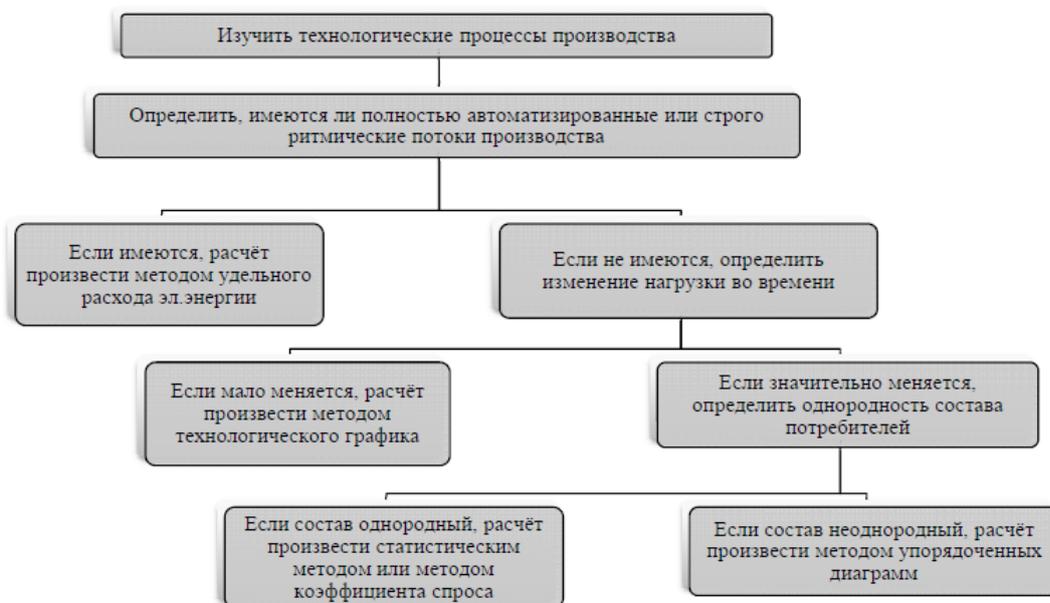


Рисунок 5 – Алгоритм выбора методики расчёта силовой нагрузки

По заданию преподавателя для определения расчётной нагрузки механического участка примем метод упорядоченных диаграмм.

### Теоретические основы выбранной методики расчета силовой нагрузки

По методу упорядоченных диаграмм расчётная активная нагрузка одного или группы электроприёмников определяется с помощью средней мощности и коэффициента максимума, который, в свою очередь, зависит от коэффициента использования и эффективного числа электроприёмников.

Под эффективным числом группы электроприёмников с различной установленной мощностью и разными режимами работы понимается такое число электроприёмников, одинаковых по мощности и однородных по режиму работы, которое обеспечивает ту же величину расчётной нагрузки, что и рассматриваемая группа различных по мощности и разнородных по режиму работы электроприёмников.

Эффективное число электроприёмников может быть принято равным фактическому их числу в трёх случаях:

- Когда мощность всех электроприёмников одинакова;
- При коэффициенте использования  $K_{и} > 0,8$ ;
- Когда выполняются соотношения между  $K_{и}$  и величиной  $m$ ;

Величина  $m$  равна:

$$m = \frac{p_{y \max}}{p_{y \min}}$$

Где  $p_{y \max}$  и  $p_{y \min}$  – соответственно номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприёмников в группе, кВт.

При определении  $P_{y \min}$  должны быть исключены наиболее мелкие электроприёмники, суммарная мощность которых не превышает 5% мощности всей группы электроприёмников.

Когда указанные условия не выполняются, эффективное число электроприёмников определяется в зависимости от величин  $p^*$  и  $n^*$ , вычисляемых по формулам:

$$p^* = \frac{\sum_1^{n_1} p_{y1}}{\sum_1^n p_y},$$

$$n^* = \frac{n_1}{n},$$

где  $n$  – общее число электроприёмников группы, кВт;

$\sum_1^n p_y$  – сумма номинальных мощностей всей группы электроприёмников, кВт;

$n_1$  – число электроприёмников в группе, номинальная мощность каждого из которых больше или равна половине номинальных мощностей наиболее мощного электроприёмника в группе;

$\sum_1^{n_1} p_{y1}$  – сумма номинальных мощностей этих электроприёмников, кВт;

Мелкие электроприёмники, суммарная мощность которых не превышает 5% номинальной мощности всех электроприёмников, при определении  $\sum_1^n p_y$  не учитываются.

В зависимости от величин  $p^*$  и  $n^*$  по таблице 9 находят величину относительного значения эффективного числа электроприёмников.

Таблица 9 – Относительные значения  $n_3^*$

| $n^*$ | $p^*$ |       |       |       |       |       |       |      |      |      |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|
|       | 1     | 0,9   | 0,8   | 0,7   | 0,6   | 0,5   | 0,4   | 0,3  | 0,2  | 0,1  |
| 0,01  | 0,009 | 0,012 | 0,015 | 0,019 | 0,026 | 0,037 | 0,059 | 0,01 | 0,2  | 0,52 |
| 0,05  | 0,05  | 0,06  | 0,07  | 0,1   | 0,13  | 0,18  | 0,26  | 0,41 | 0,64 | 0,9  |
| 0,1   | 0,09  | 0,12  | 0,15  | 0,19  | 0,25  | 0,34  | 0,47  | 0,66 | 0,85 | 0,95 |
| 0,2   | 0,19  | 0,23  | 0,29  | 0,37  | 0,47  | 0,64  | 0,76  | 0,89 | 0,95 | -    |
| 0,3   | 0,29  | 0,35  | 0,43  | 0,53  | 0,66  | 0,8   | 0,9   | 0,95 | -    | -    |
| 0,4   | 0,38  | 0,47  | 0,57  | 0,69  | 0,81  | 0,91  | 0,95  | -    | -    | -    |
| 0,5   | 0,48  | 0,58  | 0,7   | 0,82  | 0,91  | 0,95  | -     | -    | -    | -    |
| 0,6   | 0,57  | 0,69  | 0,81  | 0,91  | 0,95  | -     | -     | -    | -    | -    |
| 0,7   | 0,66  | 0,8   | 0,9   | 0,95  | -     | -     | -     | -    | -    | -    |
| 0,75  | 0,71  | 0,85  | 0,93  | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    |
| 0,8   | 0,76  | 0,89  | 0,95  | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    |
| 0,9   | 0,85  | 0,95  | -     | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    |
| 1     | 0,95  | -     | -     | -     | -     | -     | -     | -    | -    | -    |

Эффективное число электроприёмников определяется по формуле:

$$n_3 = n_3^* \cdot n$$

В зависимости от коэффициента использования  $K_{\text{и}}$  и эффективного числа электроприёмников  $n_3$  по таблице 10 определяется коэффициент максимума  $K_{\text{м}}$ .

Таблица 10 – Значения коэффициента максимума

| $n_3$ | $K_{\text{м}}$ |
|-------|----------------|
|-------|----------------|

|    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|    | 0,1  | 0,15 | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,6  | 0,7  | 0,8  | 0,9  |
| 4  | 3,43 | 3,11 | 2,64 | 2,14 | 1,87 | 1,66 | 1,46 | 1,29 | 1,14 | 1,05 |
| 5  | 3,23 | 2,87 | 2,42 | 2    | 1,76 | 1,57 | 1,41 | 1,26 | 1,12 | 1,04 |
| 6  | 3,04 | 2,64 | 2,24 | 1,88 | 1,66 | 1,51 | 1,37 | 1,23 | 1,1  | 1,04 |
| 7  | 2,88 | 2,48 | 2,1  | 1,8  | 1,58 | 1,45 | 1,33 | 1,21 | 1,09 | 1,04 |
| 8  | 2,72 | 2,31 | 1,99 | 1,72 | 1,52 | 1,4  | 1,3  | 1,2  | 1,08 | 1,04 |
| 9  | 2,56 | 2,2  | 1,9  | 1,65 | 1,47 | 1,37 | 1,28 | 1,18 | 1,08 | 1,03 |
| 10 | 2,42 | 2,1  | 1,84 | 1,6  | 1,43 | 1,34 | 1,26 | 1,16 | 1,07 | 1,03 |

Величины расчётных активной и реактивной мощностей группы электроприёмников определяются по формулам:

$$P = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{см}}, \text{ кВт},$$

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi, \text{ квар},$$

где  $P_{\text{см}}$  – средняя активная мощность для группы электроприёмников за наиболее загруженную смену, кВт;

$\operatorname{tg} \varphi$  соответствует характерному для данной группы электроприёмников значению фазового угла в режиме максимальной активной мощности.

Средняя активная мощность группы электроприёмников за наиболее загруженную смену определяется по формуле:

$$P_{\text{см}} = \sum_1^n k_{\text{и}} p_{\text{у}}, \text{ кВт},$$

где  $k_{\text{и}}$  – коэффициент использования конкретного электроприёмника в группе;

$p_{\text{у}}$  – установленная мощность конкретного электроприёмника в группе, кВт.

Полная расчётная мощность определяется по формуле:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2}, \text{ кВА}$$

#### Выбор методики расчёта осветительной нагрузки

В практике для светотехнического расчёта наиболее часто применяют следующие методы:

- Метод коэффициента использования светового потока;
- Метод удельной мощности;
- Точечный метод.

Метод коэффициента использования светового потока целесообразно использовать при расчете общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей с учётом отражённых составляющих светового потока. Этот метод не пригоден при расчёте локализованного освещения, местного освещения, освещения наклонной или вертикальной поверхности и в случае, когда для отдельных участков освещаемой площади часть установленных в помещении светильников затеняется производственным оборудованием или другими предметами. Метод заключается в определении коэффициента использования светового потока равного отношению светового потока, падающего на расчётную поверхность, к полному потоку осветительной установки. Коэффициент использования светового потока:

— Зависит от формы КСС светильников, возрастая с увеличением степени концентрации светильниками светового потока;

— Возрастает с увеличением площади помещения, так как при этом увеличивается телесный угол, в пределах которого поток падает непосредственно на расчётную поверхность;

— Возрастает с уменьшением расчётной высоты (по той же причине);

— Убывает по мере удаления формы помещения от квадрата, так как при этом уменьшается среднее расстояние светильников от стен и увеличивается доля светового потока, падающего на стены;

— Возрастает с увеличением относительного наивыгоднейшего расстояния, так как при этом увеличивается среднее расстояние светильников от стен;

— Возрастает с увеличением коэффициентов отражения потолка, стен и пола помещения.

Зависимость коэффициента использования светового потока от площади помещения, высоты и формы учитывается одной комплексной характеристикой – индексом помещения.

Для ламп накаливания и газоразрядных ламп высокого давления (точечных источников света) целесообразнее сначала задаться их количеством, затем определить световой поток по указанной формуле и выбрать по каталогу стандартную лампу.

Если ближайшие лампы имеют световой поток, лежащий за пределами от -10% до +20% от расчётного, то после выбора такой лампы корректируют число светильников. Затем проверяется возможность установки выбранной лампы (ламп) в выбранный светильник и рассчитывается мощность всей осветительной установки.

Для люминесцентных ламп, являющихся линейными источниками света, в связи с небольшим диапазоном их мощностей заранее выбирают лампу, а затем определяют их необходимое количество. Далее, с учётом предварительного расчёта числа рядов, определяется число светильников в ряду и округляется в сторону увеличения.

В ходе расчёта может быть получен один из следующих выводов:

— Суммарная длина светильников превышает длину помещения: необходимо или применить более мощные лампы, или увеличить число рядов, или компоновать ряды из сдвоенных, строенных и т.д. светильников;

— Суммарная длина светильников равна длине помещения: задача решается устройством непрерывного ряда светильников;

— Суммарная длина светильников меньше длины помещения: принимается ряд с равномерно распределёнными вдоль него разрывами между светильниками.

Метод удельной мощности достаточно прост и применяется для расчёта общего равномерного освещения и не пригоден для расчёта локализованного освещения. Можно считать его упрощённым вариантом метода коэффициента использования светового потока. Область применения метода: расчёт общего

освещения помещений площадью больше  $10 \text{ м}^2$ , без громоздкого затеняющего оборудования, при общем равномерном расположении светильников и нормировании по всему помещению одинаковой освещенности на горизонтальной плоскости.

Значения удельной мощности (суммарная мощность ламп на каждый квадратный метр площади освещаемого помещения) находятся по таблицам удельной мощности светильников. Таблицы составлены для конкретных типов светильников при типовых значениях коэффициента отражения, неравномерности освещения и запаса и для диапазона освещенности от 5 до 100 лк. Значения усреднены для нескольких диапазонов высот помещений и их площадей, при этом форма помещения не учитывается.

Крайне желательно использовать справочные таблицы удельных мощностей только в расчётных случаях близких к тем, для которых составлены данные таблицы. При соблюдении этого условия метод расчёта дает приемлемые по точности результаты, которые в целом совпадают с расчётом по методу коэффициента использования светового потока.

Последовательность расчёта методом удельной мощности при использовании ламп накаливания и газоразрядных ламп высокого давления следующая:

- Сначала выбирают тип и число светильников в помещении, расстояния между светильниками и рядами светильников;

- Затем по таблице удельной мощности для выбранного типа светильников принимают значение удельной мощности с учётом высоты, площади помещения и требуемой освещенности;

- Далее определяют расчётную мощность одной лампы;

- По справочным таблицам или каталогам выбирают ближайшую по мощности лампу и проверяют возможность её установки в выбранный светильник. При необходимости корректируют количество светильников или ламп.

Расчёт освещения методом удельной мощности при освещении люминесцентными лампами производят в такой последовательности:

- Предварительно выбирается мощность и тип лампы, а также тип светильника;

- По справочным таблицам для выбранного типа светильника и лампы принимают значения удельной мощности;

- Определяется необходимое количество люминесцентных ламп;

- По количеству ламп, устанавливаемых в одном светильнике, и их полному расчётному количеству определяется количество светильников. Выбирается расположение светильников с проверкой расстояния между светильниками и между рядами.

Точечный метод используют для расчёта неравномерного освещения: общего локализованного, местного, наклонных поверхностей, наружного. Необходимый световой поток осветительной установки определяют, исходя из условия, что в любой точке освещаемой поверхности освещённость должна быть не менее нормированной, в том числе в конце срока службы источника света.

Отражение от стен, потолка и рабочей поверхности не играет существенной роли. Для точечных излучателей расчёт ведётся следующим образом:

- Сперва определяется минимальная нормированная поверхность для помещения (при расчёте общего освещения) или требуемая освещенность рабочей поверхности (при расчёте местного освещения);

- Выбирается тип источника света и светильник;

- Рассчитывается размещение светильников в помещении или задается расположение светильника местного освещения относительно рабочей поверхности;

- При расчёте общего освещения на плане помещения с нанесенным расположением светильников намечаются контрольные точки. В качестве них берут точки с минимальной освещенности на освещаемой поверхности. Такие точки следует брать в центре между светильниками или посередине между светильниками одного из крайних рядов. Не следует брать точки с минимальной освещенностью у стены или в углах. Если в таких точках есть рабочие места, то освещенность в них можно довести до нормы путём местного освещения или увеличения мощности источников ближайших светильников. При расчёте местного освещения контрольная точка принимается в пределах освещаемой рабочей поверхности на максимальном расстоянии от светильника;

- Вычисляется условная освещенность в каждой контрольной точке как сумма условных освещенностей от ближайших светильников. Точка с наименьшей условной освещенностью принимается за расчётную. Условная освещенность от каждого светильника определяется по графикам пространственных изолукс, которые приведены в соответствующей справочной литературе для распространённых типов светильников. Освещенность условно можно определить по кривой силы света светильника. Понятие «условная» освещенность подразумевает, что светильник, её создающий, имеет световой поток 1000 лм;

- По справочным данным выбираются коэффициенты запаса и дополнительной освещенности;

- Рассчитывается требуемый световой поток лампы;

- Из справочных таблиц выбирается ближайшая стандартная лампа, световой поток которой отличается от полученного не более, чем на -10%...+20%, и определяется её мощность. Проверяется возможность установки выбранной лампы в светильник. Если условия не выполняются, следует изменить расположение светильников и их тип.

Для расчёта освещения в данной расчётно-графической работе принят метод коэффициента использования светового потока, так как такой метод позволяет получить достаточно достоверный результат.

## Примеры решения задач.

**Пример 1.** Определить номинальную мощность группы трехфазных электроприемников с указанными в таблице 1 техническими данными.

Таблица 1 – Паспортные данные электроприемников

| № п\п | Наименование Электроприемника   | Количество ЭП | Паспортное значение мощности, | Паспортное значение cosφ |
|-------|---------------------------------|---------------|-------------------------------|--------------------------|
| 1     | Молоток ковочный                | 7             | 15 кВт                        | 0,65                     |
| 2     | Пресс штамповочный              | 12            | 4,5 кВт                       | 0,60                     |
| 3     | Кран мостовой, ПВ=25%           | 2             | 30 кВт                        | 0,50                     |
| 4     | Тележка подвесная, ПВ=40%       | 4             | 8 кВт                         | 0,50                     |
| 5     | Тельфер транспортный, ПВ=60%    | 3             | 10 кВт                        | 0,50                     |
| 6     | Трансформатор сварочный, ПВ=40% | 5             | 28 кВА                        | 0,40                     |
| 7     | Аппарат дуговой сварки, ПВ=60%  | 5             | 16 кВА                        | 0,35                     |
| 8     | Аппарат стыковой сварки, ПВ=25% | 5             | 14 кВА.                       | 0,45                     |

### Решение.

1. В зависимости от режима работы электроприемники разбивают на подгруппы:

- продолжительный режим (позиции 1,2)
- повторно-кратковременный режим (позиции 3-8).

2. Номинальная мощность ЭП продолжительного режима работы определяется по соотношению:

$$P_{ном.1,2} = \sum_{i=1}^n P_{пасп.i}$$

$$P_{ном.1,2} = 7 \cdot 15 + 12 \cdot 4,5 = 159 \text{ кВт}$$

3. Для электроприемников ПКР указанная в паспорте мощность приводится к номинальной мощности продолжительного режима при ПВ=100%. Номинальная мощность подъемно-транспортных средств (позиция 3-5) определяется по соотношению:

$$P_{ном.3-5} = \sum_{i=1}^n P_{пасп.i} \sqrt{ПВ_{пасп.i}}$$

$$P_{ном.3-5} = 7 \cdot 30 \cdot \sqrt{0,25} + 4 \cdot 8 \cdot \sqrt{0,4} + 3 \cdot 10 \cdot \sqrt{0,6} = 73,6 \text{ кВт}$$

Номинальная мощность сварочного оборудования (позиция 6-8) опре-

деляется по соотношению:

$$P_{ном.6-8} = \sum_{i=1}^n S_{насп.и} \cdot \cos\varphi_{насп.и} \sqrt{ПВ_{насп.и}}$$

$$P_{ном.6-8} = 5 \cdot 28 \cdot 0.40 \cdot \sqrt{0.4} + 5 \cdot 16 \cdot 0.35 \cdot \sqrt{0.6} + 5 \cdot 14 \cdot 0.45 \cdot \sqrt{0.25} = 72.9 \text{ кВт}$$

4. Номинальная мощность всей группы электроприемников:

$$P_{ном.} = P_{ном.1,2} + P_{ном.3-5} + P_{ном.6-8}$$

$$P_{ном.} = 159 + 73,6 + 72,9 = 305,5 \text{ кВт.}$$

**Пример 2.** Определить режим работы электроприемника, график нагрузки которого приведен на рисунке 1.

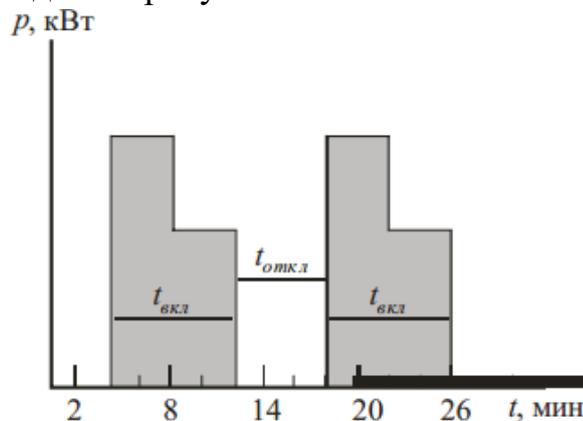


Рисунок 1 – График нагрузки электроприемника

**Решение.**

Из графика нагрузки видно, что периоды работы электроприемника чередуются с паузами. Время цикла составляет:

$$t_{цикл} = t_{вкл} + t_{откл}$$

$$t_{цикл} = 8 + 6 = 14 \text{ мин.}$$

При длительности цикла  $t_{цикл} > 10$  минут режим работы электроприемника считается продолжительным.

**Пример 3.** Для электроприемника, график нагрузки которого приведен на рисунке 1, определить коэффициент включения и загрузки, если коэффициент использования равен 0,25.

**Решение.**

1. Коэффициент включения – это отношение продолжительности включения приемника в цикле ко всей продолжительности цикла. По графику нагрузки  $t_{вкл} = 8$  мин.,  $t_{цикл} = 14$  мин., то есть

$$K_{\text{вкл}} \equiv \frac{t_{\text{вкл}}}{t_{\text{цикл}}}$$

$$K_{\text{вкл}} = 8 / 14 = 0,57$$

2. Коэффициент загрузки – это отношение фактически потребленной приемником активной мощности за время включения в течение цикла к его номинальной мощности. Если принять, что фактически потребленная за время включения мощность равна средней, то:

$$K_{\text{загр}} = \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{P_{\text{ср.вкл}}}{P_{\text{ном}}} = \frac{1}{P_{\text{ном}}} \cdot \frac{1}{t_{\text{вкл}}} \int_0^{t_{\text{цикл}}} P dt = \frac{P_{\text{ср.}}}{P_{\text{ном}}} \cdot \frac{t_{\text{цикл}}}{t_{\text{вкл}}} = \frac{K_{\text{и}}}{K_{\text{вкл}}}$$

$$K_{\text{загр}} = \frac{0,25}{0,57} = 0,44$$

Коэффициент загрузки и включения непосредственно связаны с технологическим процессом и изменяются с изменением режима работы электроприемника.

**Пример 4.** К трем силовым распределительным пунктам присоединены 24 электроприемника длительного режима работы следующих номинальных мощностей: 3 по 20 кВт, 6 по 10 кВт, 5 по 7 кВт и 10 по 4,5 кВт. Определить эффективное число электроприемников.

**Решение.**

Так как отсутствует дополнительная информация об электроприемниках, для определения эффективного числа электроприемников воспользуемся соотношением:

$$n =_{\text{эф}} \frac{(\sum P_{\text{ном.}i})^2}{\sum P_{\text{ном.}i}^2}$$

$$n_{\text{эф}} = \frac{(3 \cdot 20 + 6 \cdot 10 + 5 \cdot 7 + 10 \cdot 4,5)^2}{3 \cdot 20^2 + 6 \cdot 10^2 + 5 \cdot 7^2 + 10 \cdot 4,5^2} = \frac{200^2}{2248} = 18$$

**Пример 5.** Определить эффективное число электроприемников для группы ЭП длительного режима работы следующих номинальных мощностей: 10 по 0,6 кВт, 5 по 4,5 кВт, 6 по 7 кВт, 5 по 10 кВт и 2 по 14 кВт. Групповой коэффициент использования  $K_{\text{г}} = 0,5$ .

**Решение.**

Проверяем возможность принять в расчете  $n_{\text{эф}} = n$ . Определяем значение показателя силовой сборки в группе.

Десять наименьших электроприемников по 0,6 кВт могут быть исключены, т.к их суммарная мощность 6 кВт меньше 5 % общей суммарной номинальной мощности приемников всей группы ( $P_{\text{ном}} = 148,5$  кВт). Тогда наибольшим по мощности в группе будет приемник 14 кВт, наименьшим 4,5 кВт. Следовательно:

$$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном.min}}}$$

$$m = \frac{14}{4,5} \approx 3$$

При  $m = 3$ , и  $K_{\text{г}} = 0,5$  значение  $n_{\text{эф}}$  может быть принято  $n$ , что без учета исключенных приемников составляет:

$$n_{\text{эф}} = 28 - 10 = 18$$

Сравним полученный результат, воспользовавшись следующим соотношением:

$$n =_{\text{эф}} \frac{(\sum P_{\text{ном.i}})^2}{\sum P_{\text{ном.i}}^2}$$

$$n_{\text{эф}} = \frac{(10 \cdot 0,6 + 5 \cdot 4,5 + 6 \cdot 7 + 5 \cdot 10 + 2 \cdot 14)^2}{10 \cdot 0,6^2 + 5 \cdot 4,5^2 + 6 \cdot 7^2 + 5 \cdot 10^2 + 2 \cdot 14^2} = \frac{148,5^2}{1290,8} = 17$$

Полученные значения достаточно близки.

**Пример 6.** Определить эффективное число электроприемников для группы приемников длительного режима работы следующих номинальных мощностей: 4 по 20 кВт, 5 по 14 кВт, 6 по 7 кВт, 6 по 10 кВт, 5 по 7 кВт, 4 по 4,5 кВт, 5 по 2,8 кВт и 20 по 1 кВт. Групповой коэффициент использования  $K_{\text{г}} = 0,4$ .

**Решение.**

Определяем величины  $n$  и  $m$ :

$$n = 4 + 5 + 6 + 5 + 4 + 5 + 20 = 49$$

$$m = \frac{P_{\text{НОМ.max}}}{P_{\text{НОМ.min}}} = \frac{20}{1} = 20$$

Следовательно, эффективное число ЭП не может быть принято равным фактическому числу приемников, т.к.  $m > 3$ .

При  $m > 3$  и  $K_{\text{н}} = 0,4$  воспользуемся выражением:

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \sum P_{\text{НОМ.i}}}{P_{\text{НОМ.max}}}$$

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \cdot 297}{20} = 30$$

Сравним полученный результат, воспользовавшись следующим соотношением:

$$n = \frac{(\sum P_{\text{НОМ.i}})^2}{\sum P_{\text{НОМ.i}}^2}$$

$$n_{\text{эф}} = \frac{(4 \cdot 20 + 5 \cdot 14 + 6 \cdot 10 + 5 \cdot 7 + 4 \cdot 4,5 + 5 \cdot 2,8 + 20 \cdot 1)^2}{4 \cdot 20^2 + 5 \cdot 14^2 + 6 \cdot 10^2 + 5 \cdot 7^2 + 4 \cdot 4,5^2 + 5 \cdot 2,8^2 + 20 \cdot 1^2} = \frac{297^2}{3485} = 25$$

**Пример 7.** Определить электрическую расчетную нагрузку троллея, от которого питаются два заливочных крана, имеющих следующие механизмы:

- а) главный подъем, ПВ = 25 % с двумя двигателями по 100 кВт (могут работать только одновременно);
- б) вспомогательный подъем, главная и вспомогательная тележки, ПВ = 25 % с тремя двигателями: 2 по 15 кВт и один 60 кВт;
- в) передвижение моста, ПВ = 25 % с двумя двигателями по 80 кВт.

Коэффициент использования для механизмов заливочного крана равен 0,2, а  $\cos\varphi = 0,6$ . Напряжение сети 380 В. Общая паспортная (установленная) мощность на одном кране 450 кВт (на двух кранах – 900 кВт).

**Решение.**

Все электроприемники приводятся к ПВ = 100 %.

$$P_{\text{ном.}} = \sum_{i=1}^n P_{\text{ном.}i} \sqrt{\text{ПВ}_i}$$

а) главный подъем:

$$P_{\text{ном.1}} = 2 \cdot 100 \cdot \sqrt{0,25} = 100 \text{ кВт};$$

б) вспомогательный подъем и тележки:

$$P_{\text{ном.2}} = 2 \cdot 15 \cdot \sqrt{0,25} + 60 \cdot \sqrt{0,25} = 45 \text{ кВт};$$

в) передвижение моста:

$$P_{\text{ном.3}} = 2 \cdot 80 \cdot \sqrt{0,25} = 80 \text{ Вт}.$$

Суммарная номинальная мощность электроприемников одного

крана, приведенная к ПВ = 100%:

$$P_{\text{ном.}} = P_{\text{ном.1}} + P_{\text{ном.2}} + P_{\text{ном.3}}$$

$$P_{\text{ном.}} = 100 + 45 + 80 = 225 \text{ кВт},$$

а двух кранов – 450 кВт.

Определяем показатель силовой сборки в группе:

$$m = \frac{P_{\text{ном.max}}}{P_{\text{ном.min}}} = \frac{2 \cdot 50}{7,5} = 13,33 > 3$$

Здесь  $P_{\text{ном.max}}$  - мощность двух электродвигателей главного подъема, которые работают одновременно. Оба эти электродвигателя принимаются как один электроприемник.

Т.к.  $m > 3$  и  $K_{\text{и}} = 0,2$  воспользуемся выражением:

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \sum P_{\text{ном.i}}}{P_{\text{ном.max}}}$$
$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \cdot 450}{100} = 9$$

По справочным [9] данным находим коэффициент максимума активной нагрузки, при  $n_{\text{эф}} = 9$  и  $K_{\text{и}} = 0,2$

$$K_{\text{м}} = 1,9.$$

Средняя нагрузка за наиболее загруженную смену составит:

$$P_{\text{см}} = K_{\text{и}} \cdot P_{\text{ном}}$$
$$P_{\text{см}} = 0,2 \cdot 450 = 90 \text{ кВт};$$
$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \cdot \text{tg}\varphi$$
$$Q_{\text{см}} = 90 \cdot 1,33 = 120 \text{ квар.}$$

Максимальная нагрузка:

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}} = 1,9 \cdot 90 = 171 \text{ кВт};$$
$$Q_{\text{м}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} = 1,1 \cdot 120 = 132 \text{ квар};$$
$$S_{\text{м}} = \sqrt{P_{\text{м}}^2 + Q_{\text{м}}^2}$$
$$S_{\text{м}} = \sqrt{171^2 + 132^2} = 216 \text{ кВА};$$
$$= I_{\text{м}} \frac{S_{\text{м}}}{\sqrt{3} U_{\text{ном}}}$$
$$I_{\text{м}} = \frac{216}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 328 \text{ А.}$$

**Пример 8.** Определить активную электрическую нагрузку группы из трех электроприемников длительного режима работы со следующими данными:

- а) электродвигатель фрезерного станка 15 кВт,  $K_{и} = 0,2$ ;
- б) электродвигатель вентилятора 10 кВт,  $K_{и} = 0,7$ ;
- в) электродвигатель токарного станка 7,5 кВт,  $K_{и} = 0,17$ .

**Решение.**

Общая номинальная (установленная) мощность:

$$P_{\text{НОМ.}} = \sum_{i=1}^n p_{\text{НОМ.}i}$$

$$P_{\text{НОМ.}} = 15 + 10 + 7,5 = 32,5 \text{ кВт}$$

Средняя активная мощность за наиболее загруженную смену:

$$P_{\text{СМ}} = \sum_{i=1}^n k_{и} \cdot p_{\text{НОМ.}i}$$

$$P_{\text{СМ}} = 0,2 \cdot 15 + 0,7 \cdot 10 + 0,17 \cdot 7,5 = 11 \text{ кВт}$$

Для трех и менее электроприемников в группе максимальная расчетная нагрузка равна

$$P_{\text{М.}} = \sum_{i=1}^{n \leq 3} p_{\text{НОМ.}i}$$

Т.е для рассматриваемой группы  $P_{\text{М}} = 32,5 \text{ кВт}$

**Пример 9.** Определить полную расчетную нагрузку механического цеха машиностроительного завода. Удельная расчетная нагрузка цеха  $0,3 \text{ кВА/м}^2$ , площадь цеха  $13000 \text{ м}^2$ .

**Решение.**

Расчетная нагрузка определяется по соотношению:

$$S_{\text{расч}} = p_0 \cdot F$$
$$S_{\text{расч}} = 0,3 \cdot 13000 = 3900 \text{ кВА.}$$

**Пример 10.** Определить расчетную нагрузку алюминиевого завода производительностью  $100\ 000 \text{ т}$  алюминия в год. Удельный расход электроэнергии на переменном напряжении на производство алюминия составляет  $18000 \text{ кВт/ч}$ , расход на остальные нужды завода –  $5\ %$  от годового расхода на электролиз. Число часов использования максимума нагрузки составляет  $8300 \text{ ч}$ .

Решение. Годовой расход электроэнергии на электролиз:

$$W'_a = W_{a \text{ уд}} \cdot M$$
$$W'_a = 18000 \cdot 100000 = 1800 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Расход на иные нужды завода:

$$W_a'' = 0,05 \cdot W_a'$$
$$W_a'' = 0,05 \cdot 18000 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Общий расход электроэнергии:

$$W_a = W_a' + W_a''$$

$$W_a = 18000 \cdot 10^6 + 90 \cdot 10^6 = 1890 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

Расчетная нагрузка завода:

$$P_{\text{расч}} = \frac{W_a}{T_M}$$

$$P_{\text{расч}} = \frac{1890 \cdot 10^6}{8300} 227711 \text{ кВт} \approx 230 \text{ МВт.}$$

**Пример 11.** Пять сварочных трансформаторов со следующими паспортными данными:  $S_{\text{пасп}}=28$  кВА, ПВ = 40 %,  $\cos \varphi = 0,4$ , включены на линейное напряжение трехфазной сети 380/220 В. Определить степень неравномерности распределения нагрузки по фазам. Схема включения электроприемников приведена на рисунке 2.

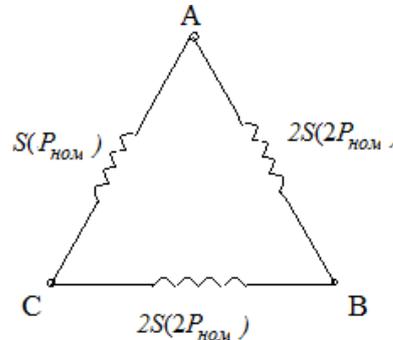


Рисунок 2 – Распределение однофазной нагрузки по фазам (к примеру 11)

**Решение.**

1) Нагрузка однофазных электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы приводится к продолжительному режиму:

$$P_{\text{ном}} = S_{\text{пасп}} \cos \varphi_{\text{пасп}} \sqrt{\text{ПВ}}$$

$$P_{\text{ном}} = 28 \cdot 0,4 \cdot \sqrt{0,4} = 7,1 \text{ кВт}$$

2) Определяется нагрузка каждой фазы:

$$P_A = \frac{P_{AC}+P_{AB}}{2} = \frac{P_{\text{ном}}+2P_{\text{ном}}}{2} = 1,5P_{\text{ном}} = 1,5 \cdot 7,1 = 10,7 \text{ кВт}$$

$$P_B = \frac{P_{AB}+P_{BC}}{2} = \frac{2P_{\text{ном}}+2P_{\text{ном}}}{2} = 2P_{\text{ном}} = 2 \cdot 7,1 = 14,2 \text{ кВт}$$

$$P_C = \frac{P_{BC}+P_{AC}}{2} = \frac{2P_{\text{ном}}+P_{\text{ном}}}{2} = 1,5P_{\text{ном}} = 1,5 \cdot 7,1 = 10,7 \text{ кВт}$$

Наиболее загруженной является фаза В, фазы А и С загружены равномерно.

Степень неравномерности нагрузки по фазам составляет:

$$H = \frac{P_{\text{ф.нб}} - P_{\text{ф.нм}}}{P_{\text{ф.нм}}} \cdot 100 \%$$

$$H = \frac{14,2 - 10,7}{10,7} \cdot 100 \% = 33 \%$$

**Пример 12.** Два сварочных трансформатора паспортной мощностью соответственно:

$$S_{\text{пасп1}}=80 \text{ кВА}, \text{ ПВ}_1 = 50 \%, \cos \varphi_1 = 0,5$$

$$S_{\text{пасп2}}=30 \text{ кВА}, \text{ ПВ}_2 = 65 \%, \cos \varphi_2 = 0,53$$

Включены в фазы АВ и ВС. Определить условную трехфазную номинальную мощность сети.

### Решение.

1) Определяем номинальные мощности трансформаторов, приведенных к ПВ = 100 %:

$$P_{\text{ном}} = S_{\text{пасп}} \cos \varphi_{\text{пасп}} \sqrt{\text{ПВ}}$$

$$P_{\text{ном1}} = 80 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{0,5} = 28 \text{ кВт}$$

$$P_{\text{ном2}} = 30 \cdot 0,53 \cdot \sqrt{0,65} = 13 \text{ кВт}$$

2) Определяем нагрузку каждой фазы, выявляем наиболее загруженную:

$$P_A = \frac{P_{AC} + P_{AB}}{2} = \frac{P_{\text{ном1}+0}}{2} = \frac{28}{2} = 14 \text{ кВт}$$

$$P_B = \frac{P_{AB} + P_{BC}}{2} = \frac{P_{\text{ном1}} + P_{\text{ном2}}}{2} = \frac{28 + 13}{2} = 20,5 \text{ кВт}$$

$$P_C = \frac{P_{BC} + P_{AC}}{2} = \frac{P_{\text{ном2}+0}}{2} = \frac{13}{2} = 6,5 \text{ кВт}$$

Наиболее загруженной является фаза В, следовательно:

$$P_{\text{ф.нб}}^{(1)} = 20,5 \text{ кВт.}$$

1) Условная трехфазная номинальная мощность сети составляет:

$$P_{\text{усл}}^{(3)} = 3 \cdot P_{\text{ф.нб}}^{(1)} = 61,5 \text{ кВт.}$$

**Пример 13.** Определить ток линии, питающей группу однофазных электроприемников, имеющих одинаковый коэффициент использования  $K_{\text{и}}=0,3$  и  $\cos \varphi=0,5$  и включенных на линейное напряжение. Между фазами АВ включены ЭП с номинальными мощностями 25 кВт, два по 15 кВт и два по 10 кВт; между фазами ВС – с мощностями 20, 15, 10 кВт и два по 7,5 кВт; между фазами АС – с мощностями 25, 15, 10 кВт и два по 20 кВт.

### Решение.

1) Определяется общая установленная мощность между фазами:

$$P_{AB} = \sum_{i=1}^5 p_{\text{ном.}i} = 25 + 2 \cdot 15 + 2 \cdot 10 = 75 \text{ кВт}$$

$$P_{BC} = \sum_{i=1}^5 p_{\text{ном.}i} = 20 + 15 + 10 + 2 \cdot 7,5 = 60 \text{ кВт}$$

$$P_{AC} = \sum_{i=1} p_{ном.i} = 25 + 15 + 10 + 2 \cdot 20 = 90 \text{ кВт}$$

2) Определяются нагрузки каждой фазы:

$$P_A = \frac{P_{AC} + P_{AB}}{2} = \frac{90 + 75}{2} = 82,5 \text{ кВт}$$

$$P_B = \frac{P_{AB} + P_{BC}}{2} = \frac{75 + 60}{2} = 67,5 \text{ кВт}$$

$$P_C = \frac{P_{BC} + P_{AC}}{2} = \frac{90 + 60}{2} = 75 \text{ кВт}$$

и степень неравномерности распределения нагрузки по фазам:

$$H = \frac{P_{\phi.нб} - P_{\phi.нм}}{P_{\phi.нм}} \cdot 100 \%$$

$$H = \frac{82,5 - 67,5}{67,5} \cdot 100 \% = 22 \% > 15 \%$$

т.к.  $H > 15 \%$ , то расчетная нагрузка определяется по выражению:

$$P_p = 3K_n K_p P_{н.мах.ф}$$

что требует расчета  $n_{эф}$  и определения коэффициента расчетной активной нагрузки.

3) Определяется эффективное число электроприемников:

$$n_{эф} = \frac{2 \sum P_{н.о}}{3p_{н.о.мах}}$$

$$n_{эф} = \frac{2 \cdot (90 + 60 + 75)}{3 \cdot 25} = 6$$

По справочным [9] данным находим коэффициент расчетной активной нагрузки, при  $n_{эф} = 6$  и  $K_n = 0,3$ .  $K_p = 1,88$ .

1) Определяются активная и полная расчетные нагрузки:

$$P_p = 3 \cdot 1,88 \cdot 0,3 \cdot 82,5 = 139,6 \text{ кВт}$$

$$= S_p \frac{P_p}{\cos \varphi}$$

$$S_p = \frac{139,6}{0,5} = 279,2 \text{ кВА}$$

2) Определяется расчетный ток линии, питающей группу однофазных электроприемников:

$$I_p = \frac{p}{\sqrt{3}} U_n$$

$$p I = \frac{279,2}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 423 \text{ А}$$

**Пример 14.** Определить пиковый ток линии, питающей группу электродвигателей крана грузоподъемностью 10 т с паспортными данными, представленными в таблице 2. Напряжение сети 380 В, коэффициент использования  $K_n = 0,1$

Таблица 2 – Паспортные данные электроприемников

| Электродвигатель     | $p_{\text{пасп}},$<br>кВт | ПВ <sub>пасп</sub> ,<br>% | $\cos \varphi$ | $i_{\text{ном}},$ А | $i_{\text{пуск}}/i_{\text{ном}}$ |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|---------------------|----------------------------------|
| Подъем груза         | 12,0                      | 15                        | 0,76           | 27,5                | 5,5                              |
| Передвижение тележки | 4,0                       | 15                        | 0,72           | 8,9                 | 5                                |
| Передвижение поста   | 8,0                       | 15                        | 0,75           | 17,5                | 5                                |

соотношению:

$$I_p = \frac{P_p}{\sqrt{3}U_n}$$

$$I_p$$

3

$$P_p = \sum_{i=1} p_{\text{пасп}.i} \cdot \sqrt{\text{ПВ}_{\text{пасп}.i}}$$

$$P_p = (12 + 4 + 8) \cdot \sqrt{0,15} = 9,3 \text{ кВт}$$

$$Q_p = \sum_{i=1} p_{\text{пасп}.i} \cdot \text{tg } \varphi_i \cdot \sqrt{\text{ПВ}_{\text{пасп}.i}}$$

$$Q_p = (12 \cdot 0,85 + 4 \cdot 1,0 + 8 \cdot 0,88) \cdot \sqrt{0,15} = 8,2 \text{ кВАр}$$

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$$

$$S_p = \sqrt{9,3^2 + 8,2^2} = 12,4 \text{ кВА.}$$

$$I_p = \frac{12,4}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 18,8 \text{ А}$$

Наибольшим пусковым током обладает электродвигатель для подъема груза:

$$i_{\text{пуск.max}} = 5,5 \cdot i_{\text{ном.max}} = 5,5 \cdot 27,5 = 151 \text{ А.}$$

Номинальный ток этого электродвигателя, приведенный к ПВ = 100 %:

$$i_{\text{ном.max}} = i_{\text{пасп}} \cdot \sqrt{\text{ПВ}_{\text{пасп}}}$$

$$i_{\text{ном.max}} = 27,5 \cdot \sqrt{0,15} = 10,6 \text{ А.}$$

Пиковый ток линии рассчитывается по соотношению:

$$I_{\text{пик}} = i_{\text{пуск.max}} + I_p - K_{\text{и}} i_{\text{н.max}}$$

$$I_{\text{пик}} = 151 + 18,8 - 0,1 \cdot 10,6 = 168,7 \text{ А.}$$

**Пример 15.** Определить пиковый ток троллея, от которого запитаны два заливочных крана (пример 7), имеющие механизмы со следующими электродвигателями: 2 по 100 кВт с фазным ротором (работают одновременно),  $i_{\text{пасп}} = 215$  А; 2 по 15 кВт плюс один 60 кВт и 2 по 80 кВт; продолжительность включения кранов ПВ = 0,25, а коэффициент использования  $K_{\text{и}} = 0,2$ .

**Решение.** Наибольшими электроприемниками этих кранов являются два двигателя главного подъема с фазным ротором по 100 кВт. Пусковой ток равен:

$$I_{\text{пуск}} = 2,5 \cdot i_{\text{пасп}} = 2,5 \cdot 215 = 536 \text{ А}$$

Одновременно пускаются два двигателя. Максимальный расчетный ток составляет 328 А (см. пример 7). Пиковый ток троллея:

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.мах}} + I_{\text{р}} - K_{\text{и}} i_{\text{н.мах}}$$
$$I_{\text{пик}} = 2 \cdot 536 + 328 - 0,2 \cdot 215 = 1360 \text{ А.}$$

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *Основная литература*

1. Кудрин, Б. И. *Электроснабжение промышленных предприятий* : учебник для вузов / Б. И. Кудрин. - 2-е изд. - Москва : Интермет Инжиниринг, 2006. - 670 с. - ISBN 5-89594-128-1 : 495-00.

2. Сибикин, Ю. Д. *Справочник по эксплуатации электроустановок промышленных предприятий* / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - 4-е изд., испр. и доп. - Москва : Высш. шк. : Академия, 2001. - 247 с. : ил. - (Профессия). - ISBN 5-06-003710-X. - ISBN 5-7695-0716-0 : 38-48.

### *Дополнительная литература*

3. Копылов И. П. *Электрические машины* : учебник для бакалавров / И. П. Копылов; под ред. И. П. Копылова. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2012. - 675 с. : ил. - (Бакалавр). - Авт. указаны на обороте тит. л. - Библиогр.: с. 668-669. - ISBN 978-5-9916-1501-3 : 509-52.