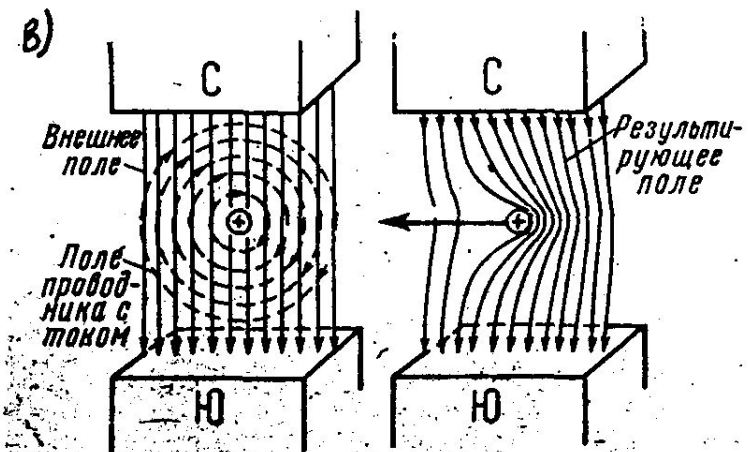
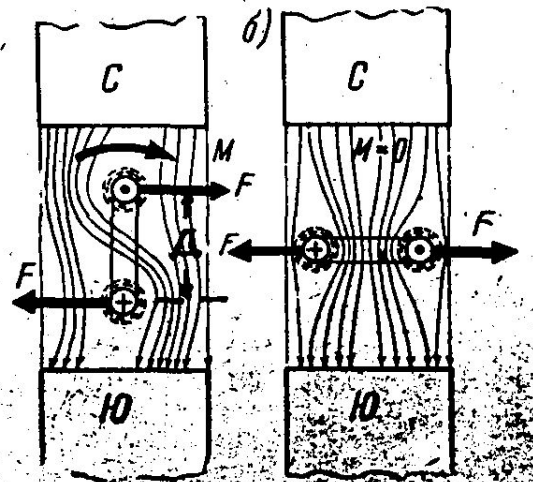
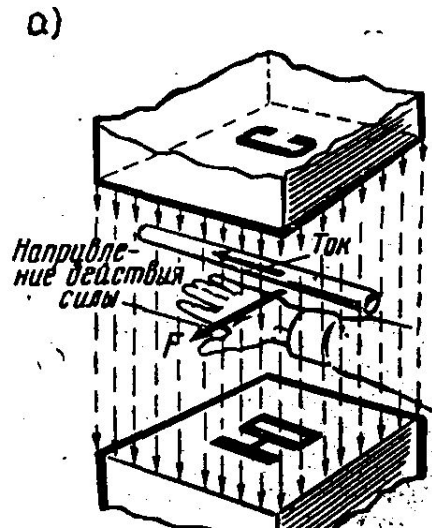
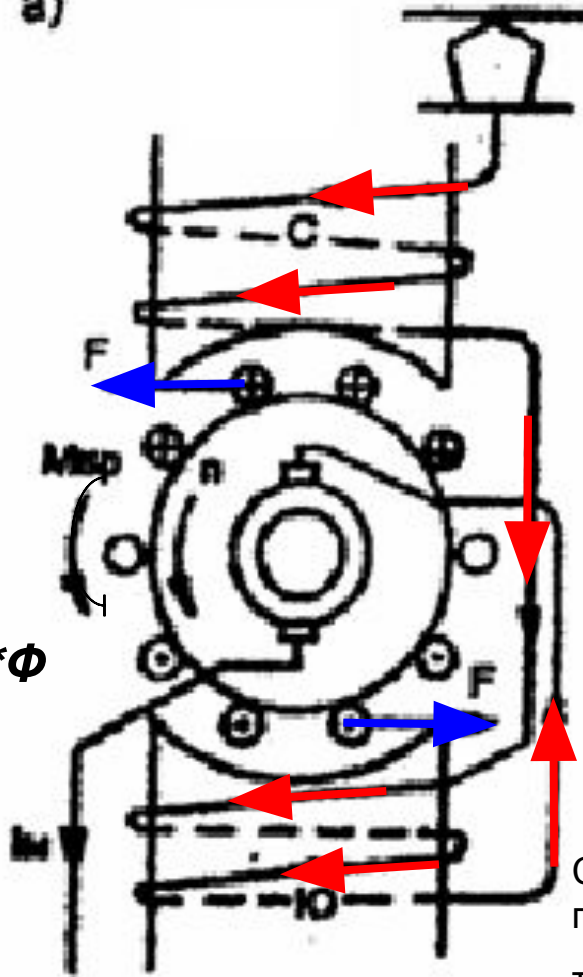


# Силы, действующие на проводник с током

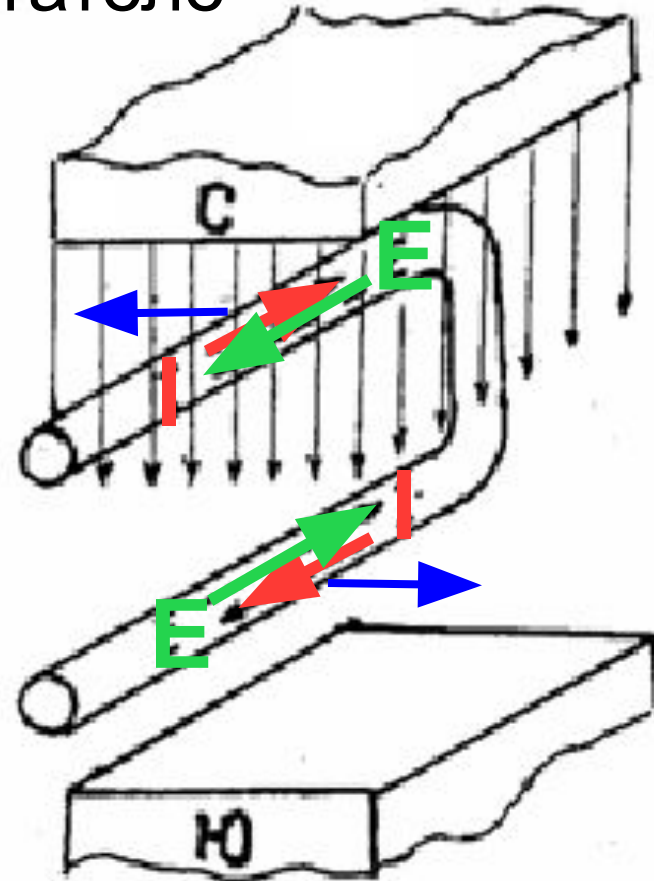


# Образование вращающего момента в электродвигателе

a)



$$E = C \cdot n \cdot \Phi$$



Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле пропорциональна:

току,

магнитной индукции,

длине проводника,

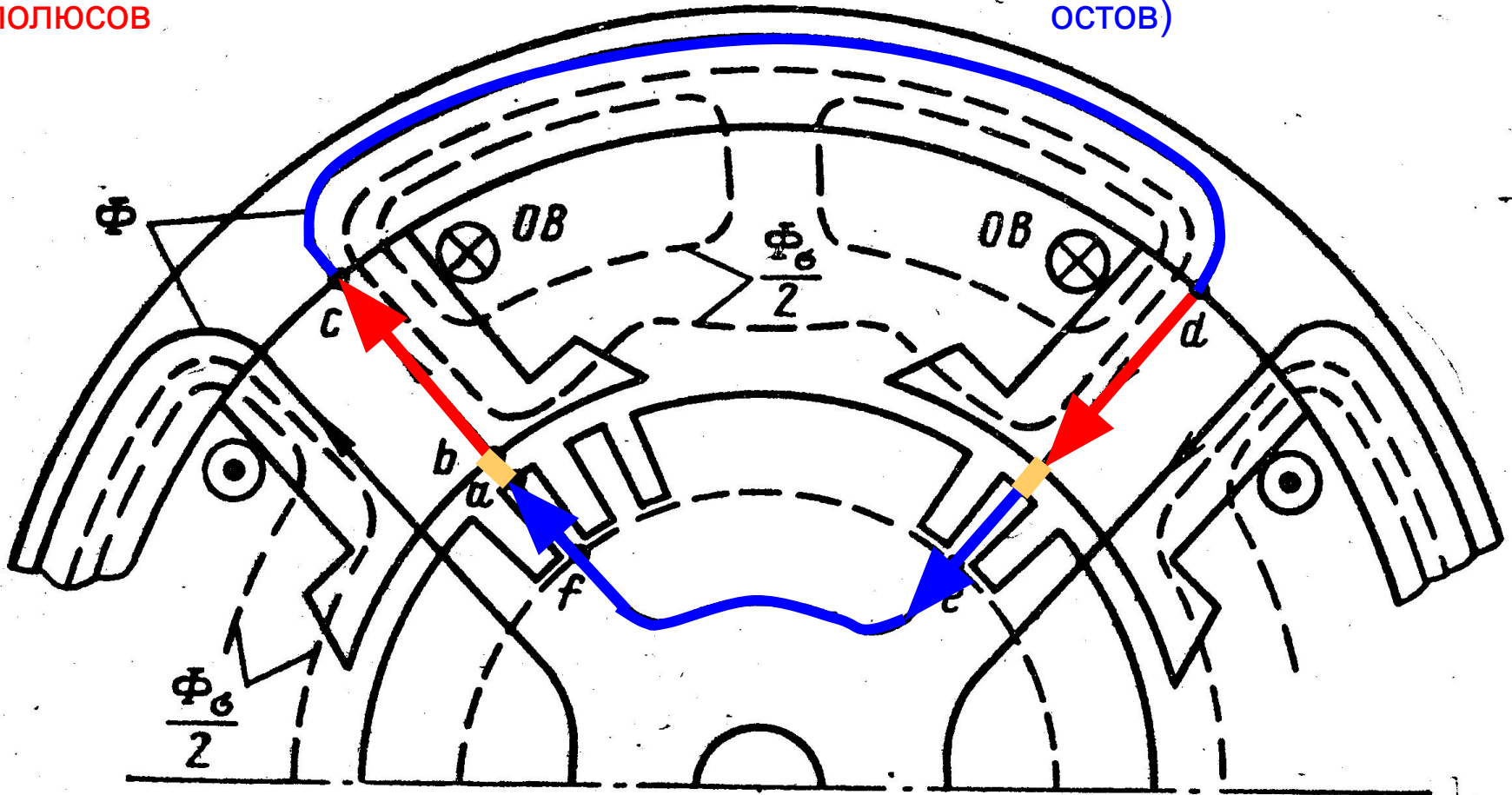
синусу угла между линиями магнитной индукции и нормалью к рамке с током

$$F = B \cdot L \cdot I \cdot \sin \alpha$$

# Магнитная система электродвигателя

Источник магнитного поля  
– катушки главных  
полюсов

Проводник магнитного  
поля – сталь (сердечники  
ГП, сердечник якоря,  
остов)



Воздушный зазор между сердечником ГП имеет большое магнитное сопротивление и значительно ослабляет магнитное поле

# Реактивная ЭДС

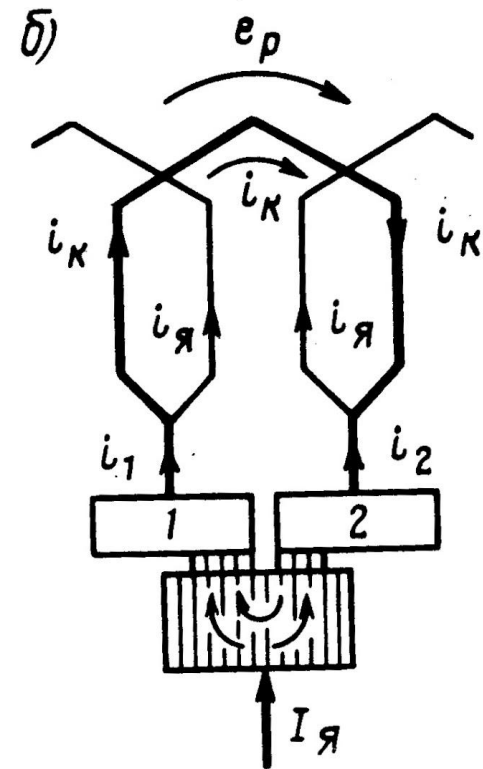
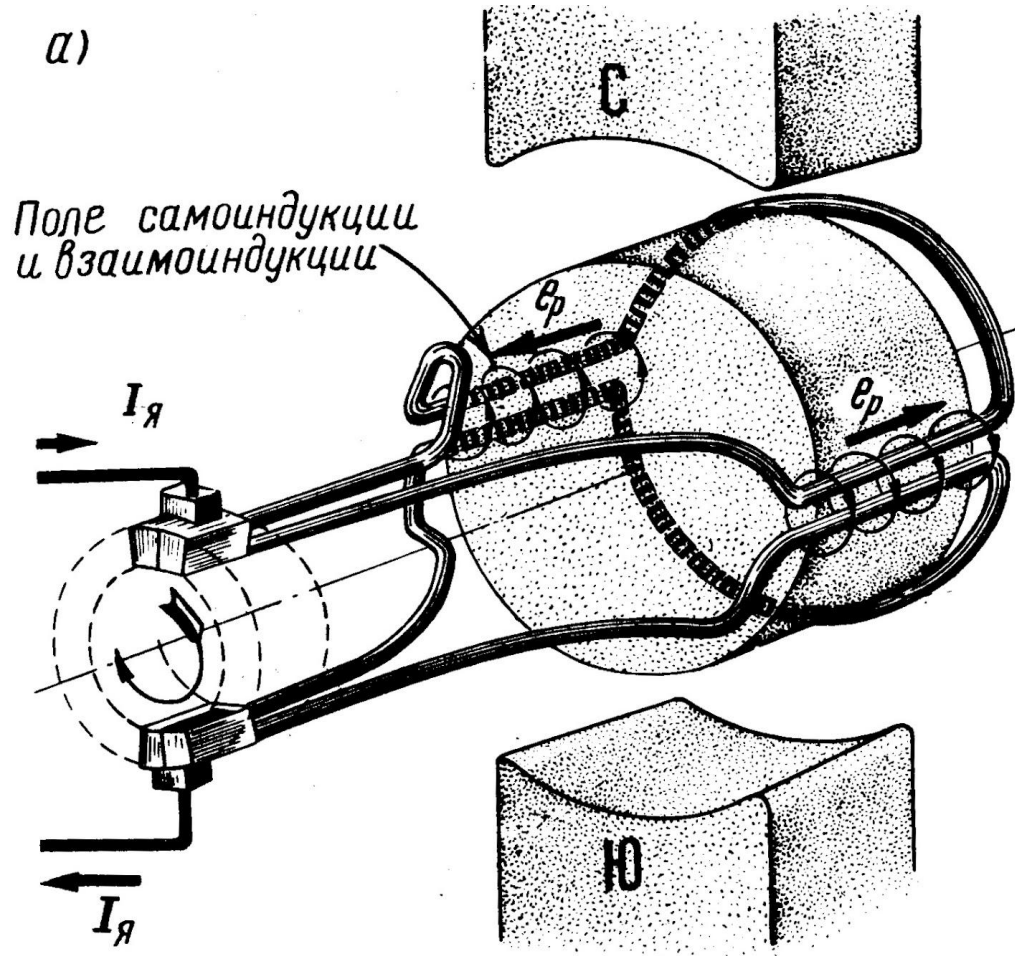


Рис. 115. Возникновение реактивной э.д.с. (а) и добавочного тока коммутации (б)

# Характеристики электродвигателя

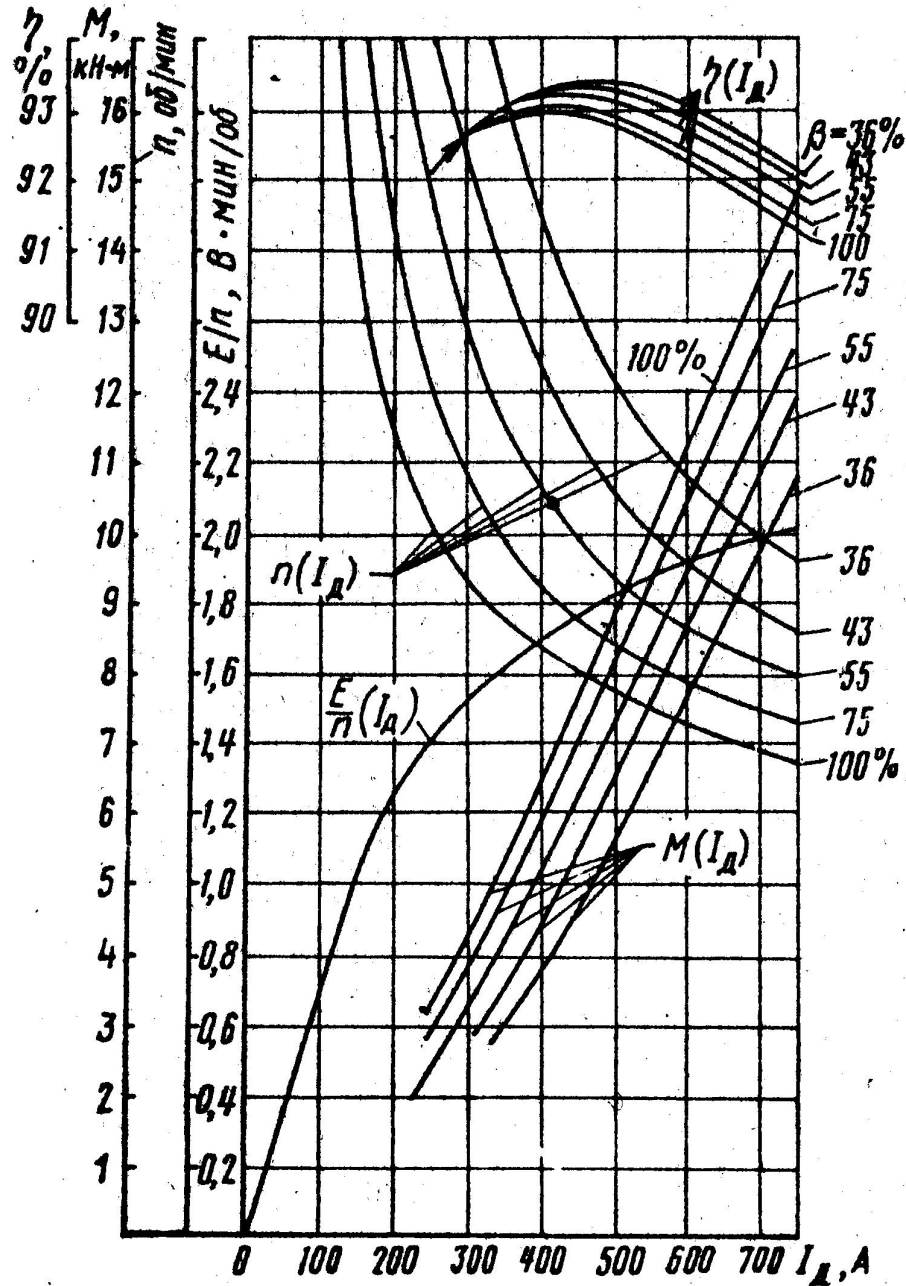


Рис. 24. Электромеханические характеристики тягового электродвигателя ТЛ-2К1 при  $U_d = 1500$  В

# Реакция якоря

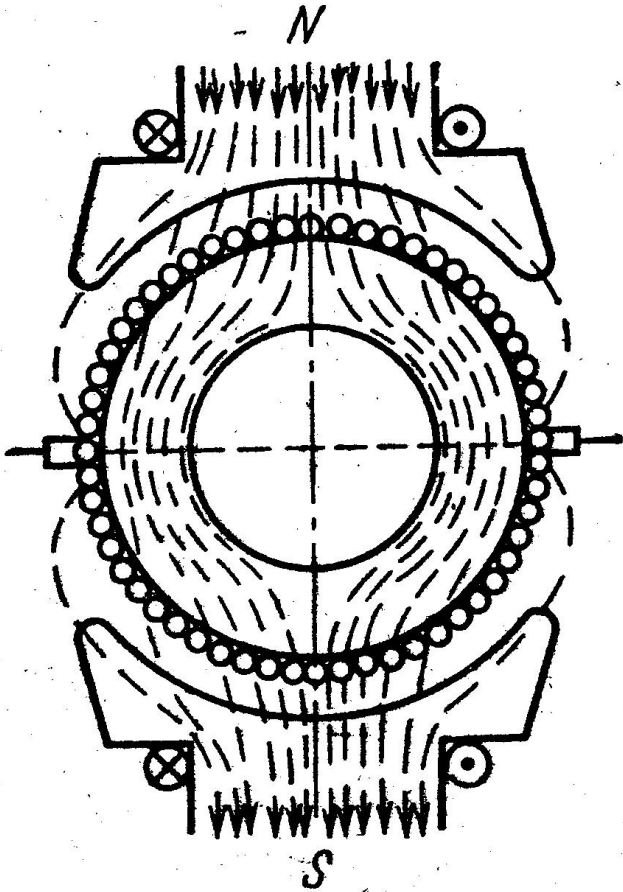


Рис. 5.1. Магнитное поле машины постоянного тока при холостом ходе

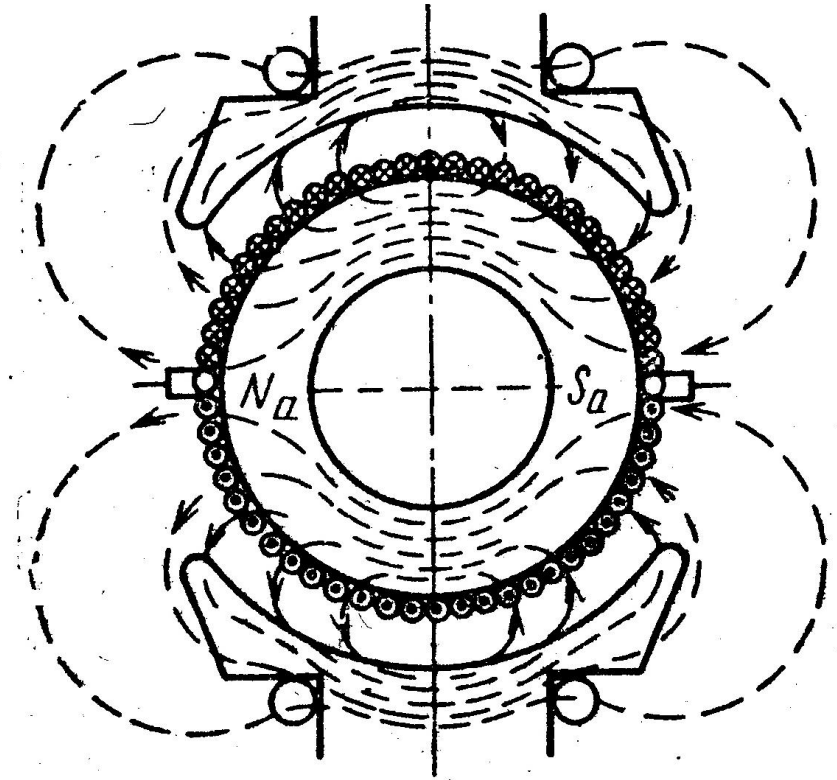
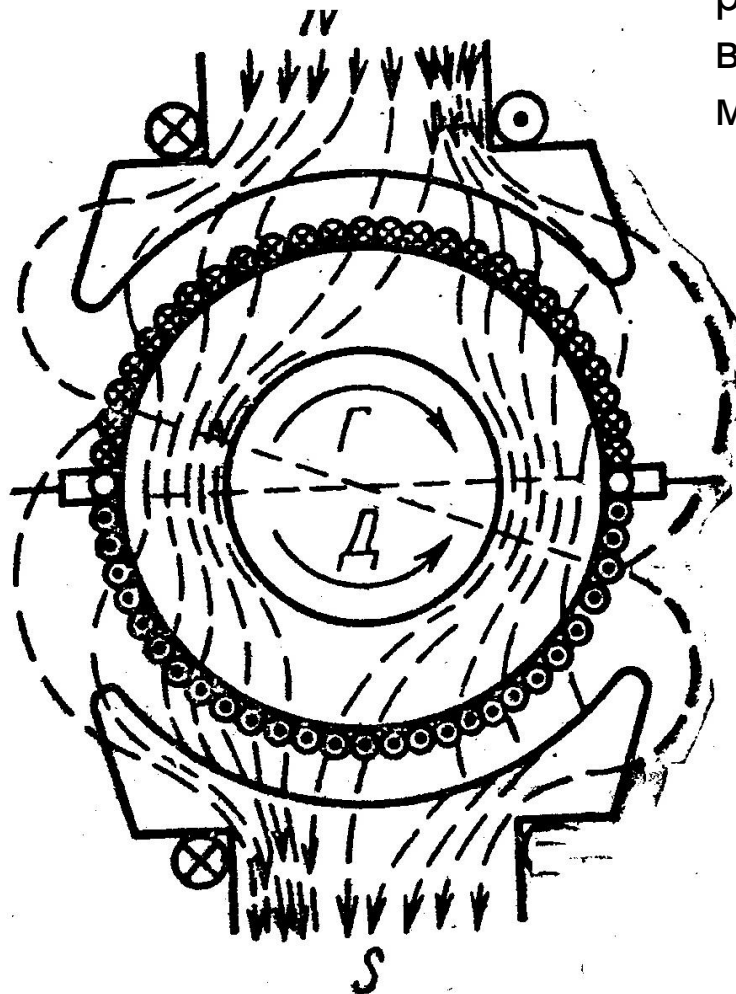


Рис. 5.2. Магнитное поле, созданное током якоря

## Реакция якоря



Искажение магнитного поля  
главных полюсов в  
результате его  
взаимодействия с  
магнитным полем якоря

Рис. 5.3. Результирующее магнитное поле машины постоянного тока в режиме нагрузки

# Коммутация

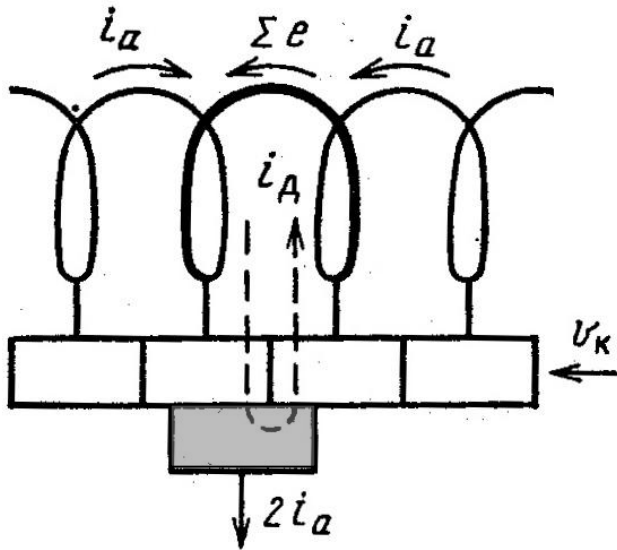


Рис. 6.3. Добавочный ток в коммутируемой секции

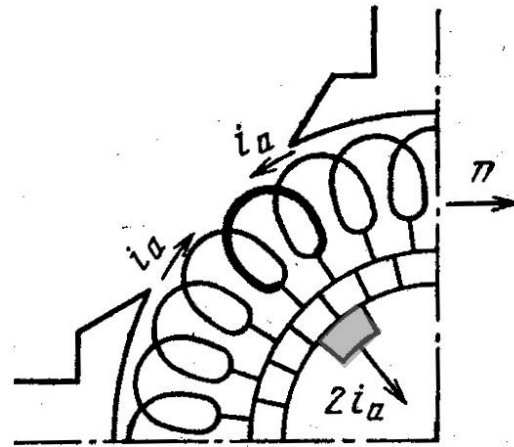


Рис. 6.1. Коммутация тока в секции

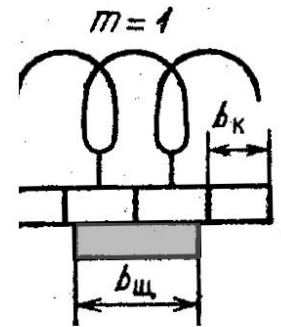


Рис. 6.2. Коммутируемая секция

Коммутация – это изменение направления тока в секции обмотки якоря при переходе этой секции из одной параллельной ветви в другую



# Коммутация

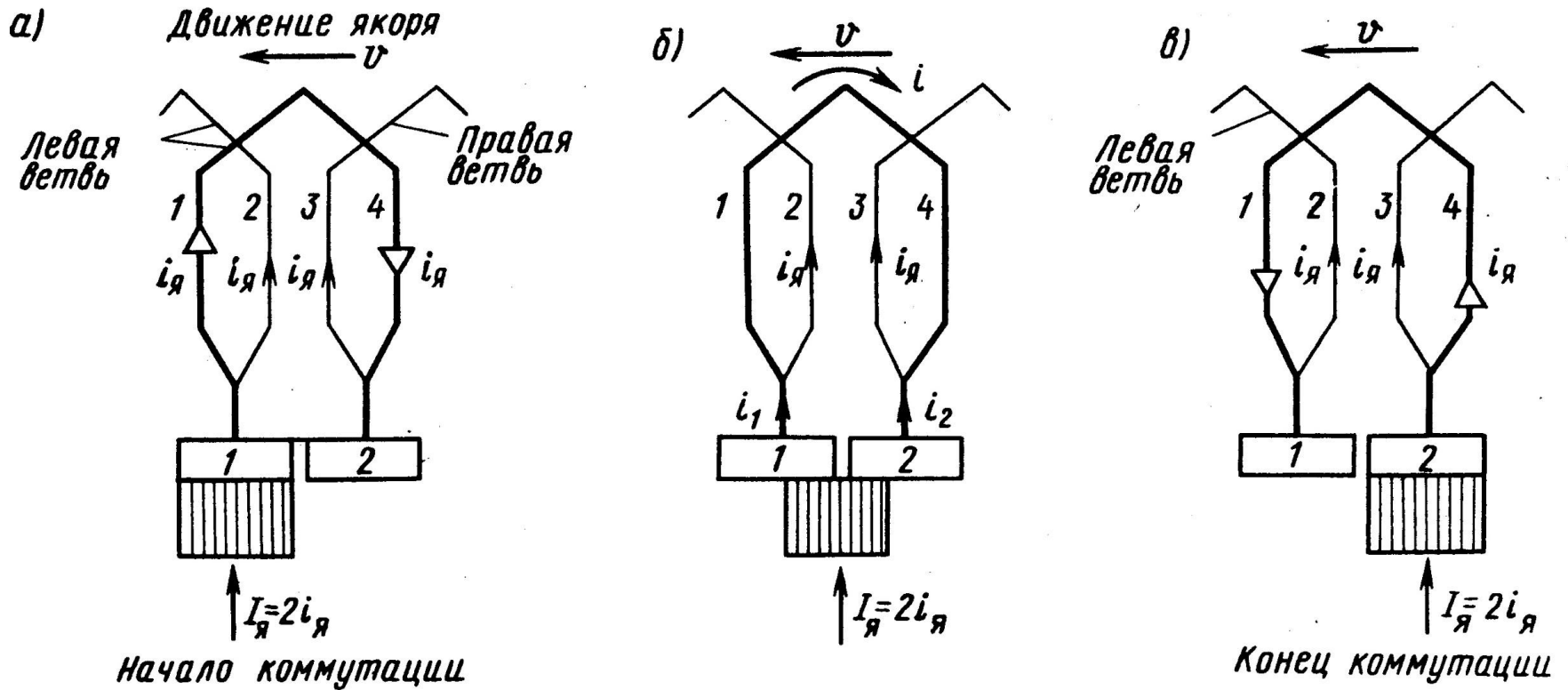


Рис. 113. Распределение тока в коммутируемой секции в различные моменты коммутации

# Возникновение искрения

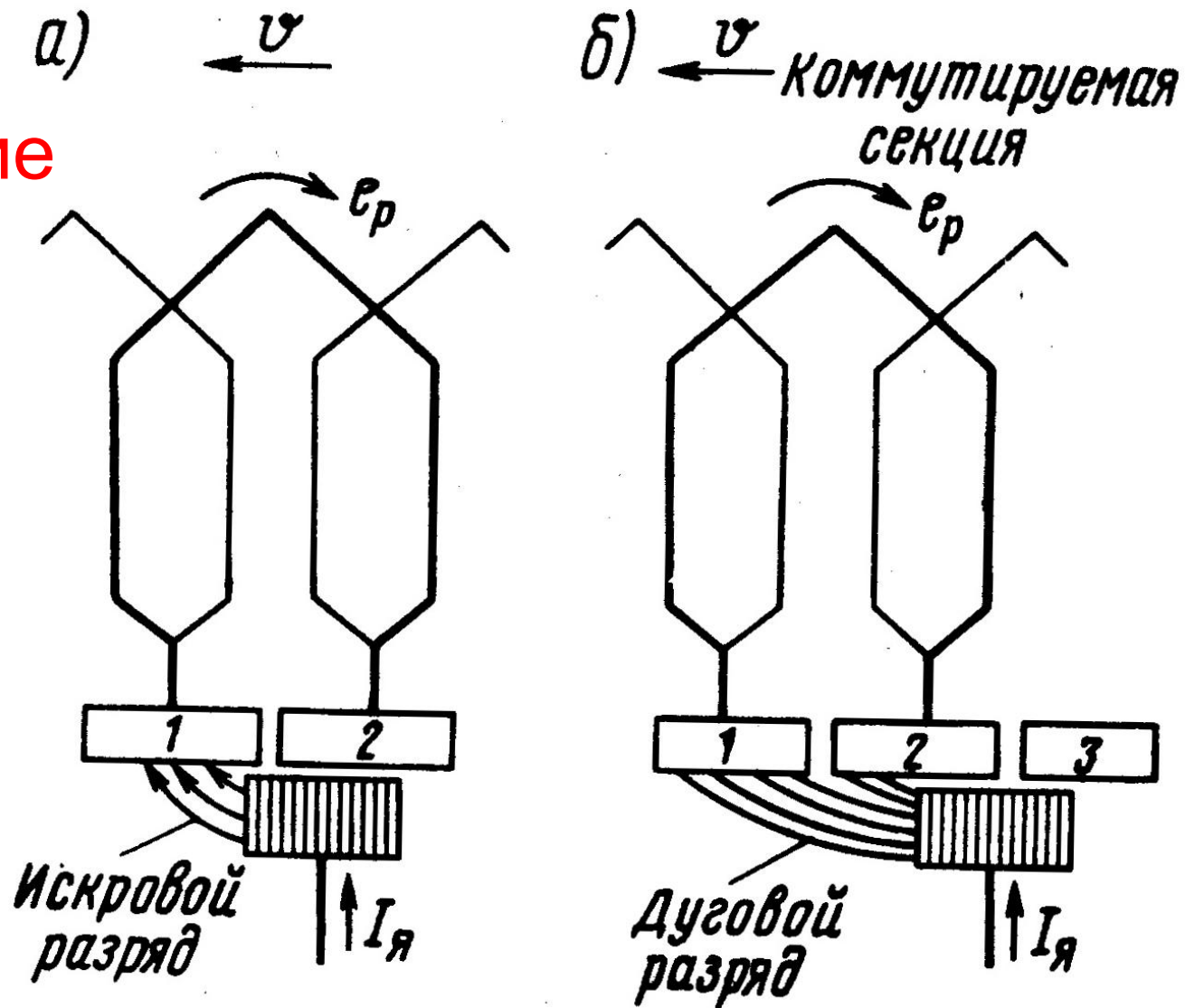


Рис. 116. Возникновение искрения под сбегающим краем при замедленной коммутации

# Классы коммутации

Оцениваются по степени искрения под щетками

«1» - «темная коммутация» - искрения под щеткой нет

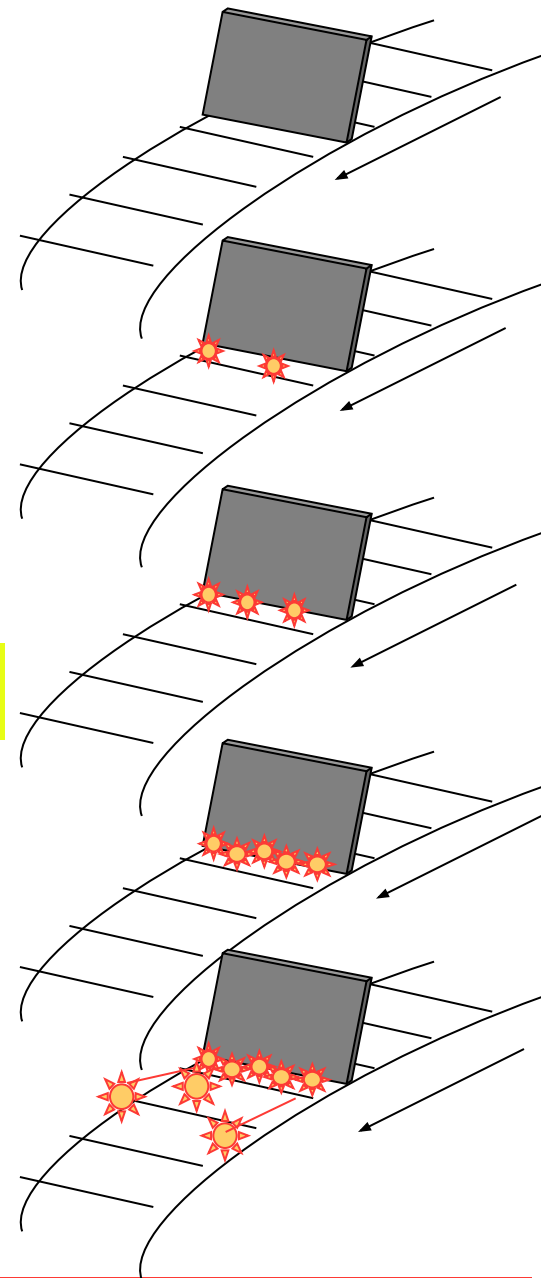
«1 1/4» - искрение под незначительной частью щетки

«1 1/2» - искрение под большей частью щетки

«2» - искрение под всей щеткой

«3» - искрение под всей щеткой, из-под щетки вылетают крупные искры

«2» и «3» - недопустимые классы, так как могут привести к **круговому огню**



# Пути улучшения коммутации

Искрение на коллекторе возникает из-за добавочного тока коммутации

Необходимо уменьшить реактивную ЭДС и увеличить сопротивление коммутируемой секции

Для уменьшения реактивной ЭДС:

- Уменьшают глубину паза в якоре и число витков в секции ОЯ (уменьшается индуктивность секции обмотки якоря)
- Уменьшают ширину щетки (уменьшается взаимная индуктивность коммутируемых секций ОЯ)
- Уменьшают реакцию якоря применением компенсационной обмотки
- В зоне коммутации создают дополнительное магнитное поле, уменьшающее реактивную ЭДС, при помощи добавочных полюсов

Для увеличения сопротивления коммутируемой секции:

- Применяют графитовые щетки (они к тому же обладают невысоким коэффициентом трения с медью)
- Наличие политуры (оксидной пленки) на поверхности коллектора способствует увеличению сопротивления в цепи добавочного тока коммутации (образуется в процессе притирки щеток).

# Магнитные потоки в дополнительных полюсах

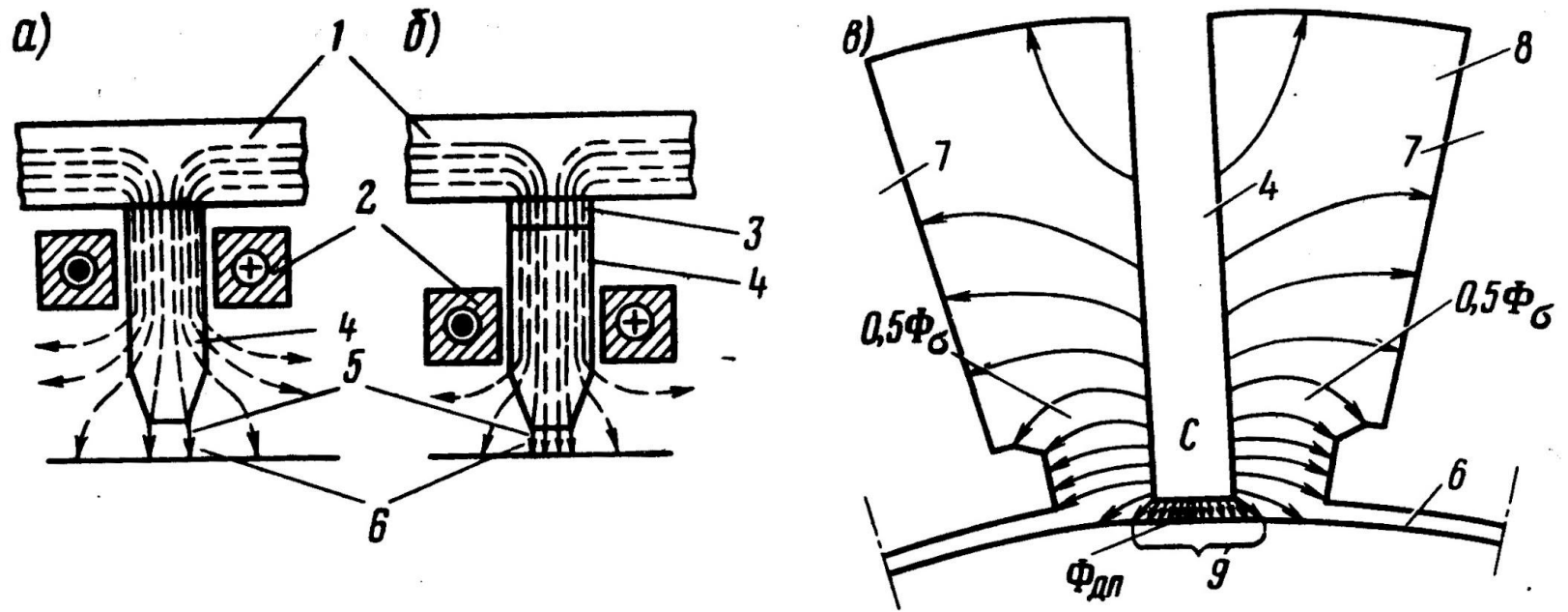


Рис. 119. Магнитная цепь добавочных полюсов в машинах большой мощности (а и б) и схема магнитных потоков, проходящих через добавочный полюс (в):

1 — остов; 2 — обмотка добавочного полюса; 3 — дополнительный воздушный зазор (немагнитная прокладка); 4 — сердечник добавочного полюса; 5 — основной воздушный зазор; 6 — якорь; 7 — главный полюс; 8 — междуполюсное пространство; 9 — коммутационная зона

# Виды обмоток якоря

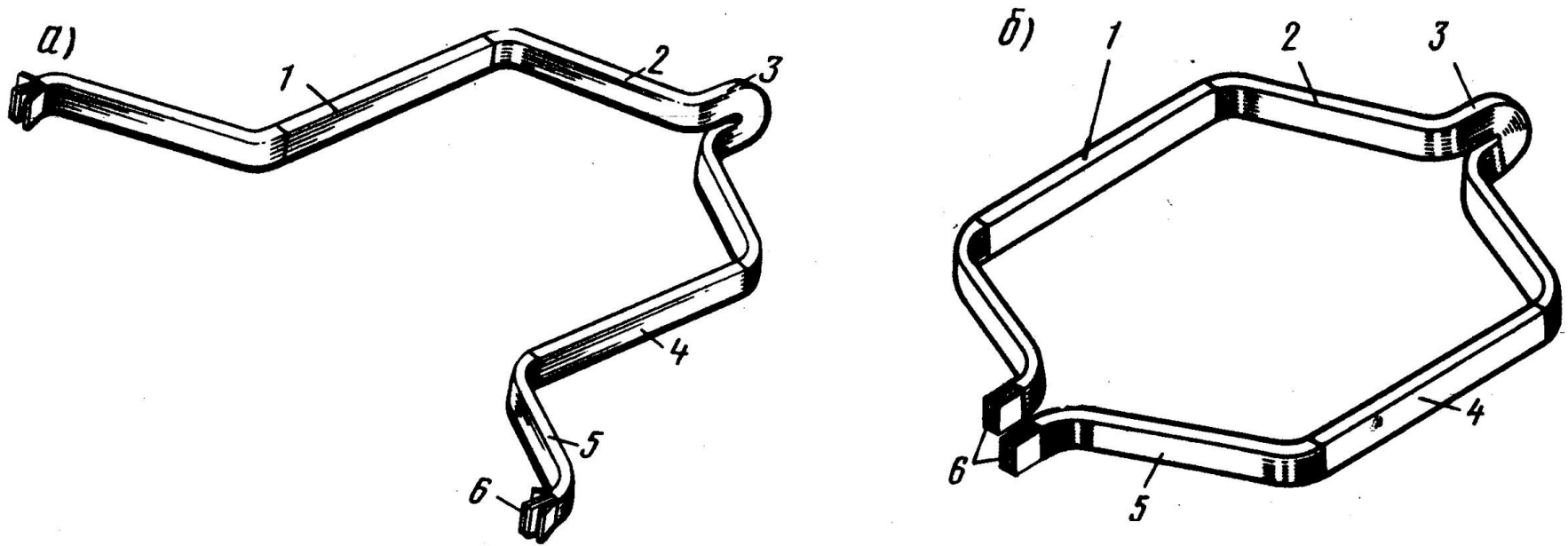


Рис. 95. Форма якорных катушек при волновой (а) и петлевой (б) обмотках:  
1, 4 — пазовые части (верхняя и нижняя стороны); 2, 5 — задняя и передняя лобовые части; 3 — задняя головка; 6 — концы секций, припаиваемые к коллектору

# Петлевая обмотка

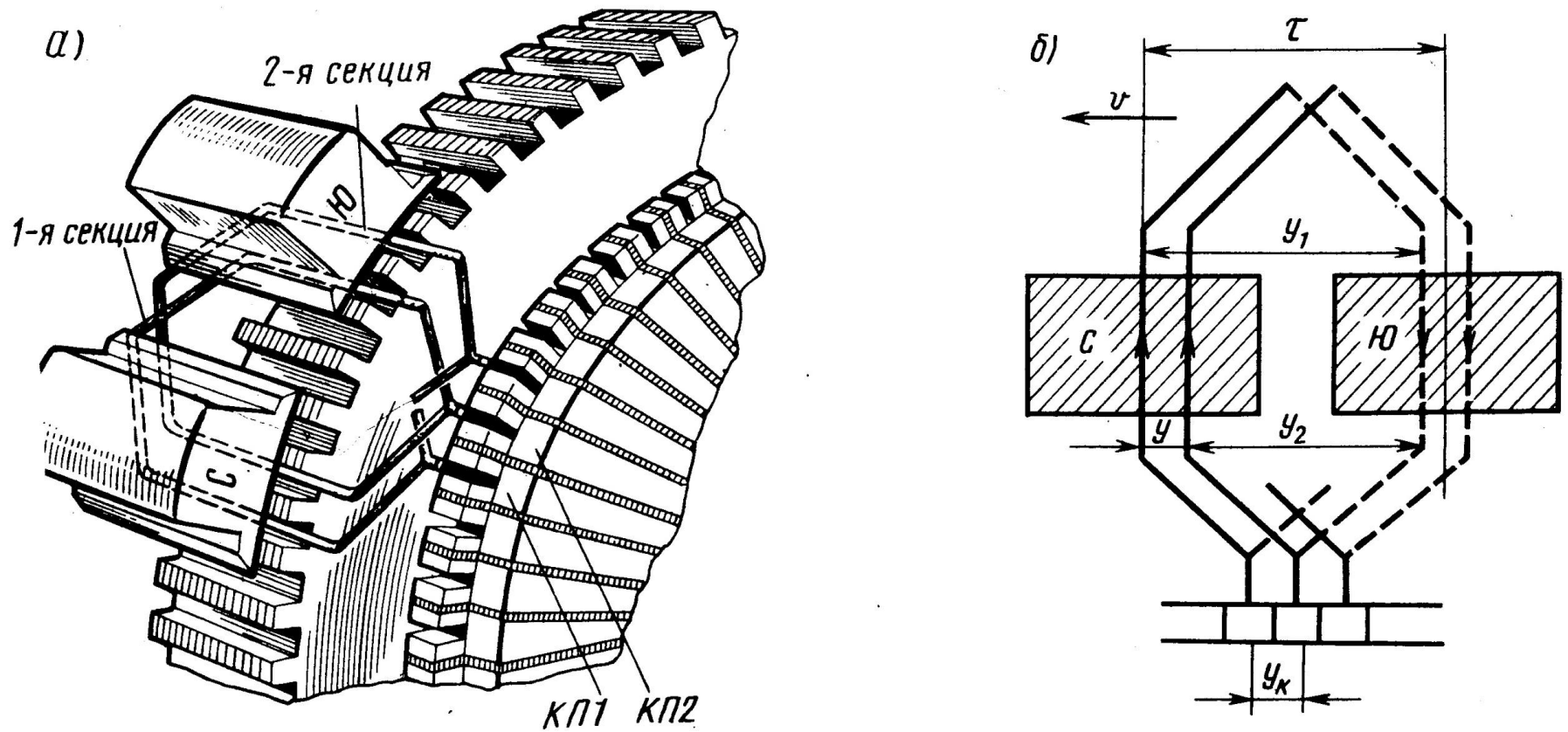


Рис. 97. Общий вид петлевой обмотки (а) и схема соединения ее секций (б)

# Схема петлевой обмотки

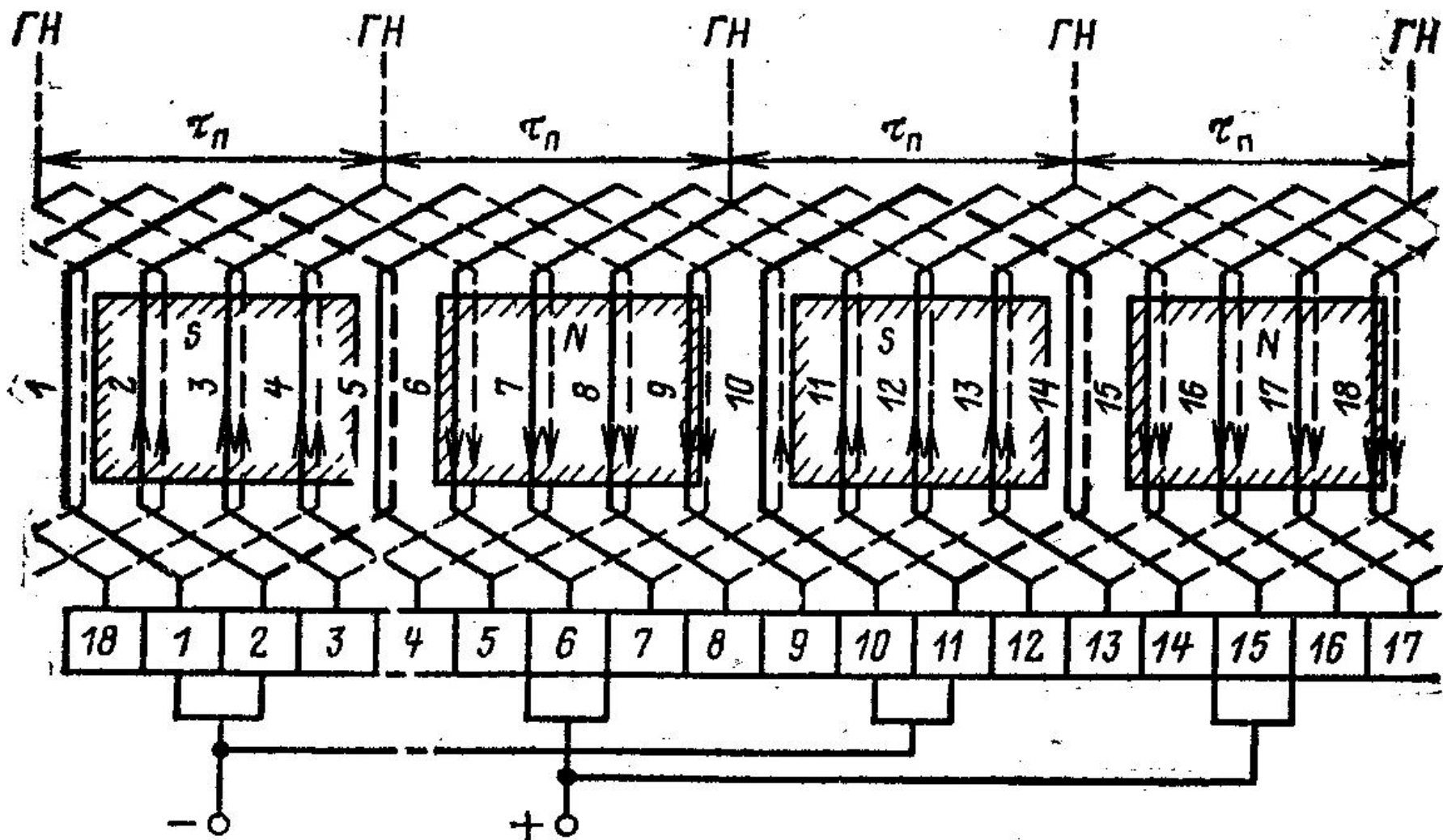


Рис. 2.5. Схема-развертка простой петлевой обмотки с  $Z_p = S' = K = 18$ ,  $2p = 4$



# Схема волновой обмотки

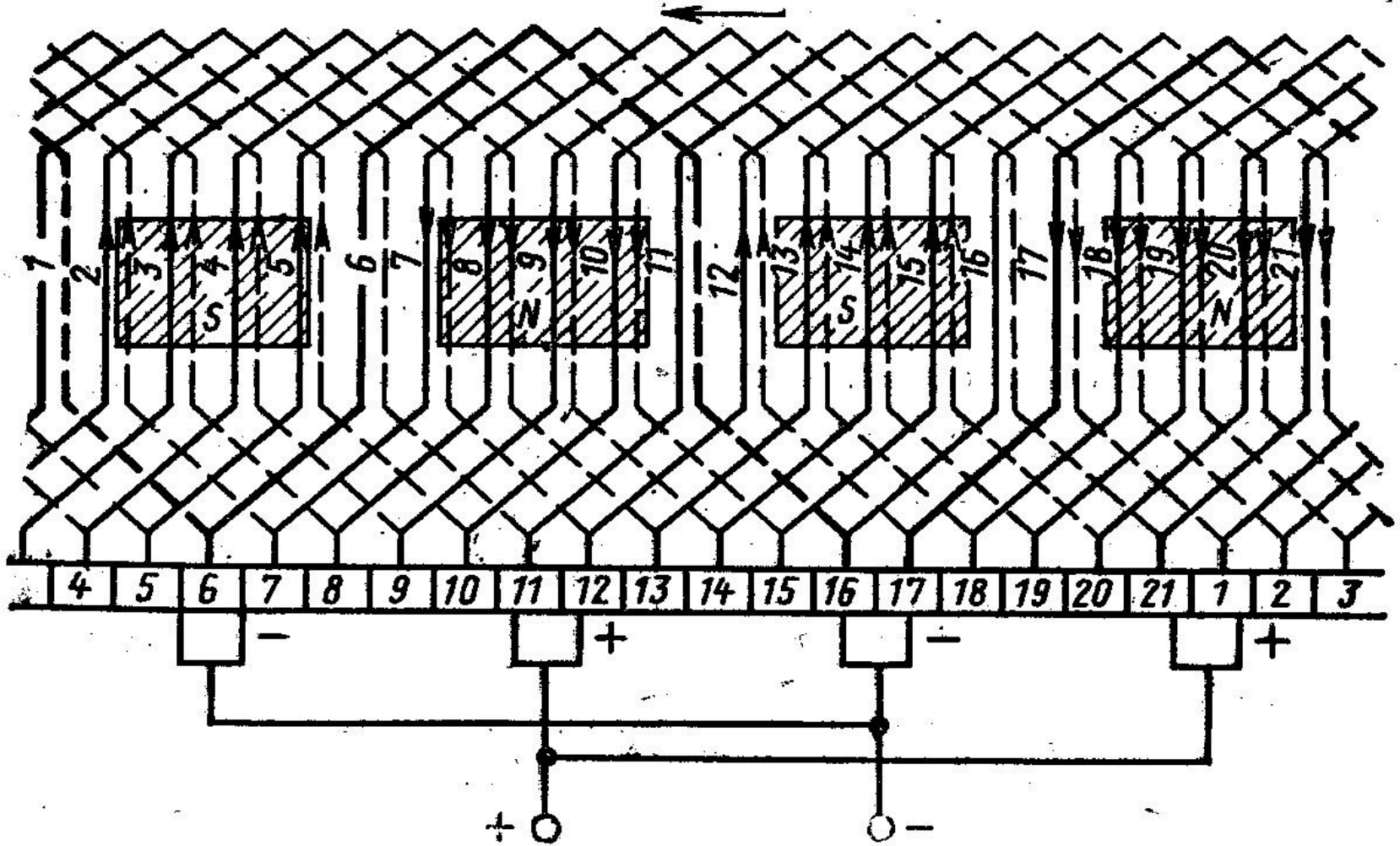
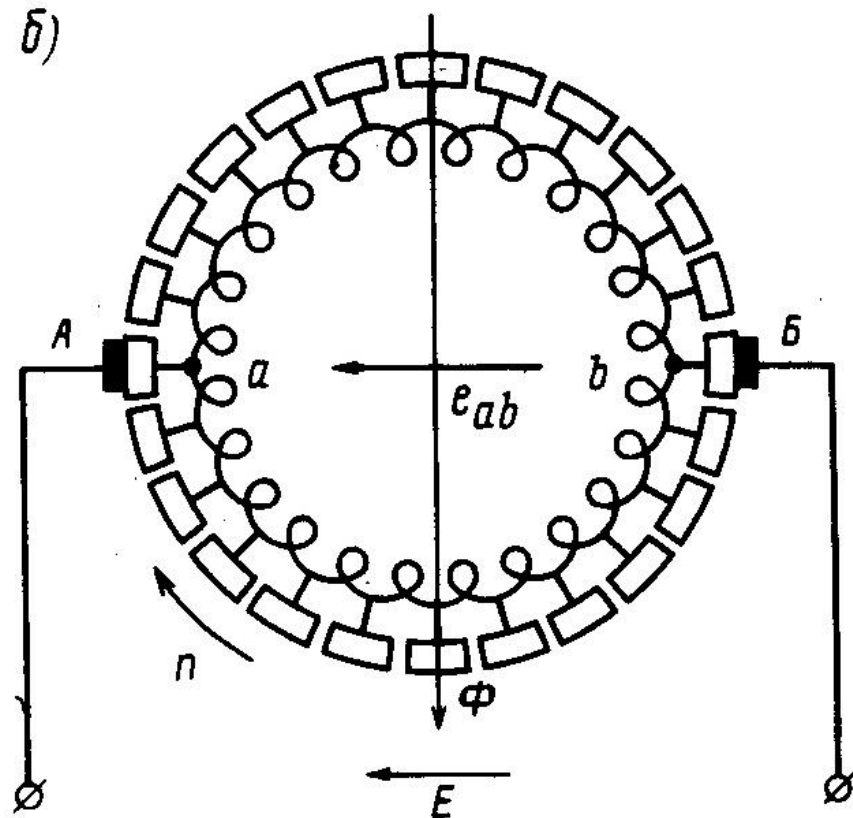
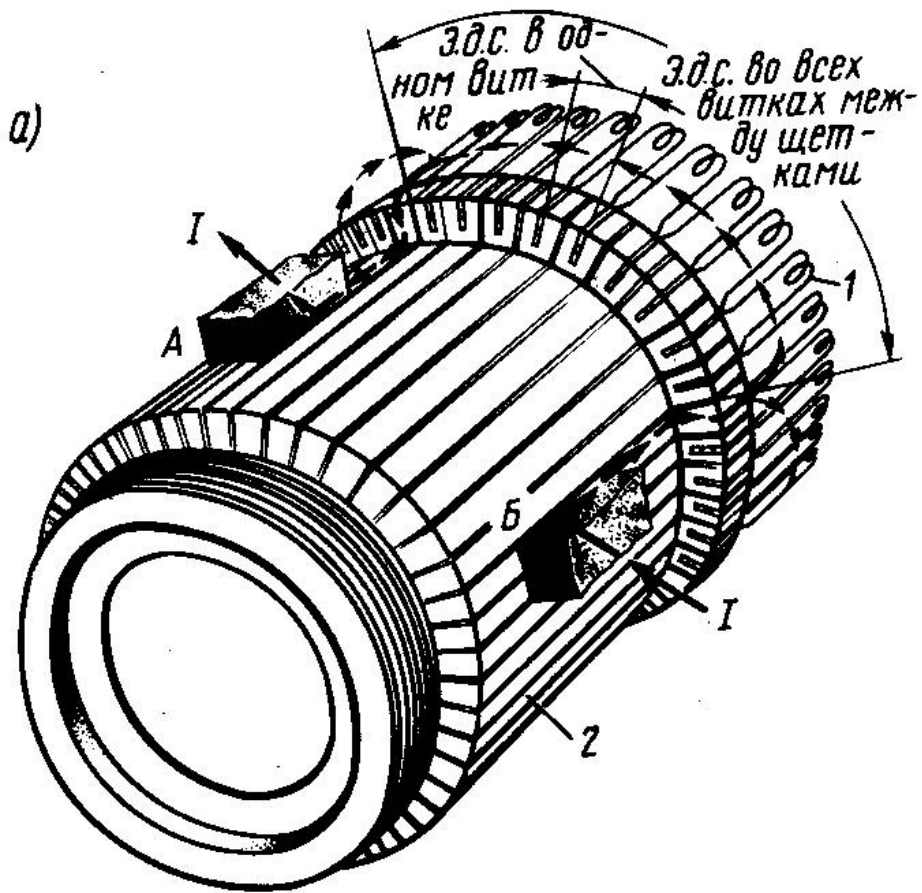


Рис. 2.11. Схема-развертка простой волновой обмотки с  $Z_s = S' = K = 21$ ,  $2p = 4$

# Параллельные ветви



# Токи в параллельных ветвях

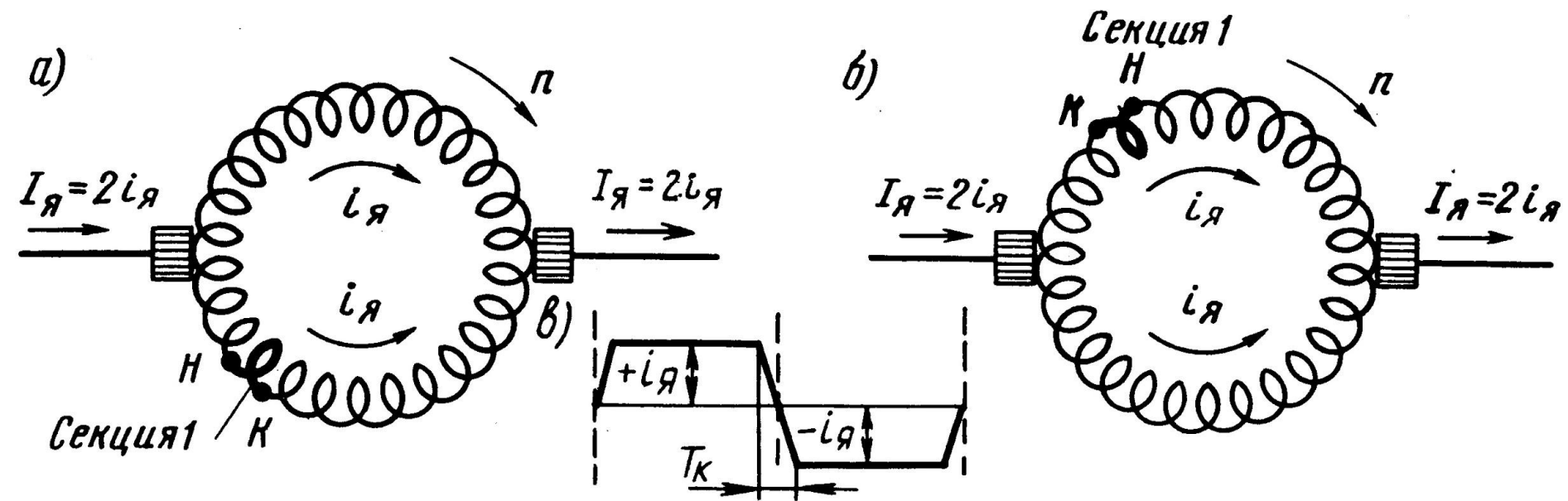
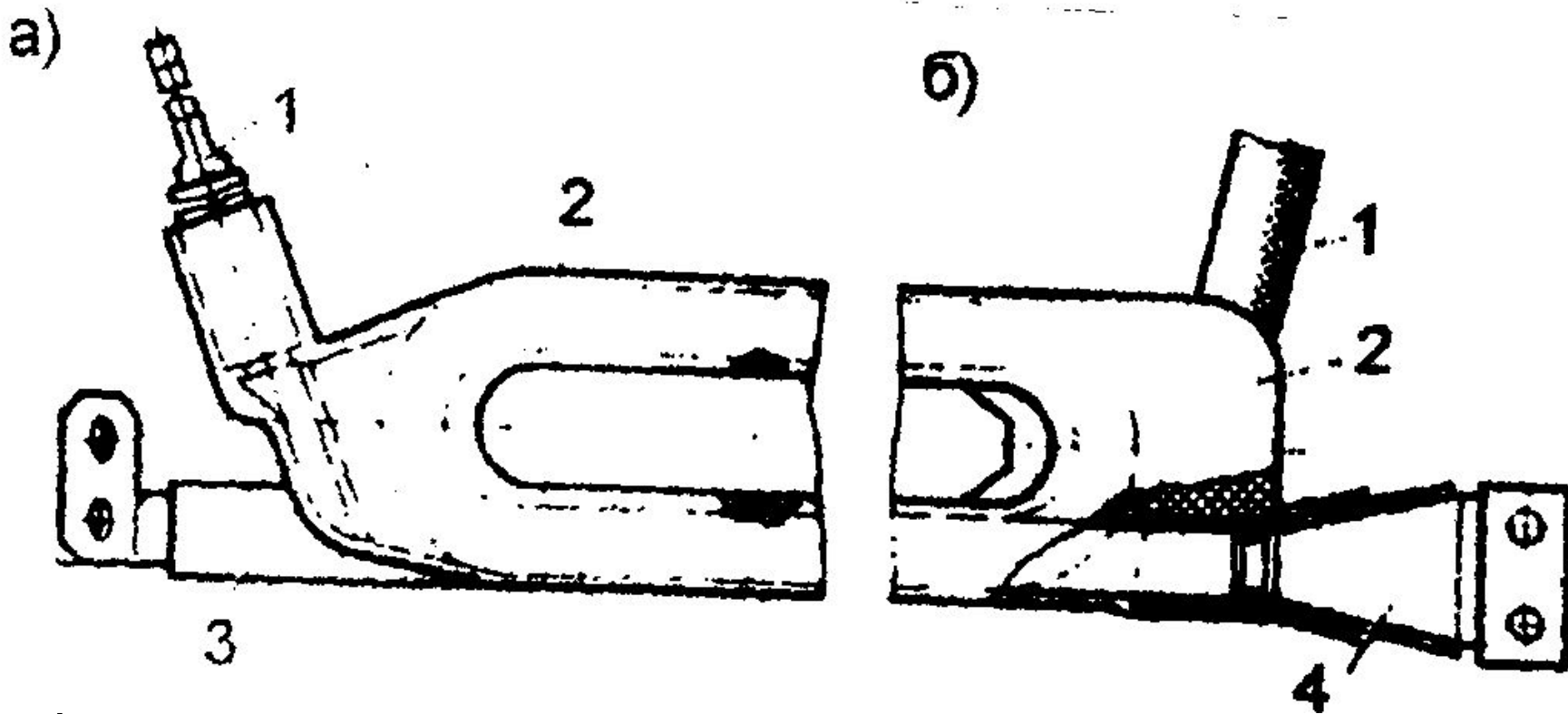


Рис. 112. Переход секции обмотки якоря из одной параллельной ветви в другую (а и б) и кривая изменения тока в секции (в)

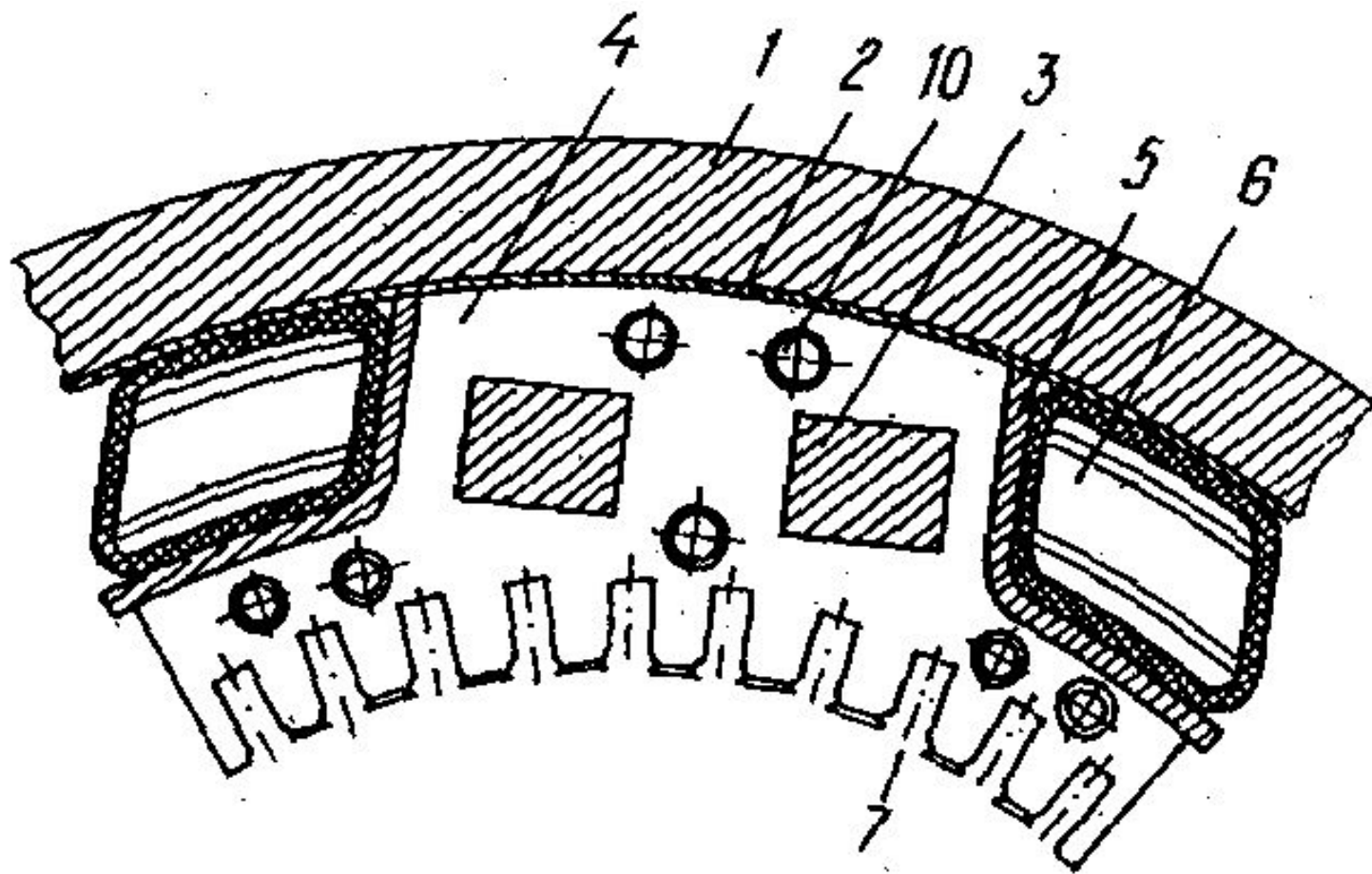
# Выводы катушек



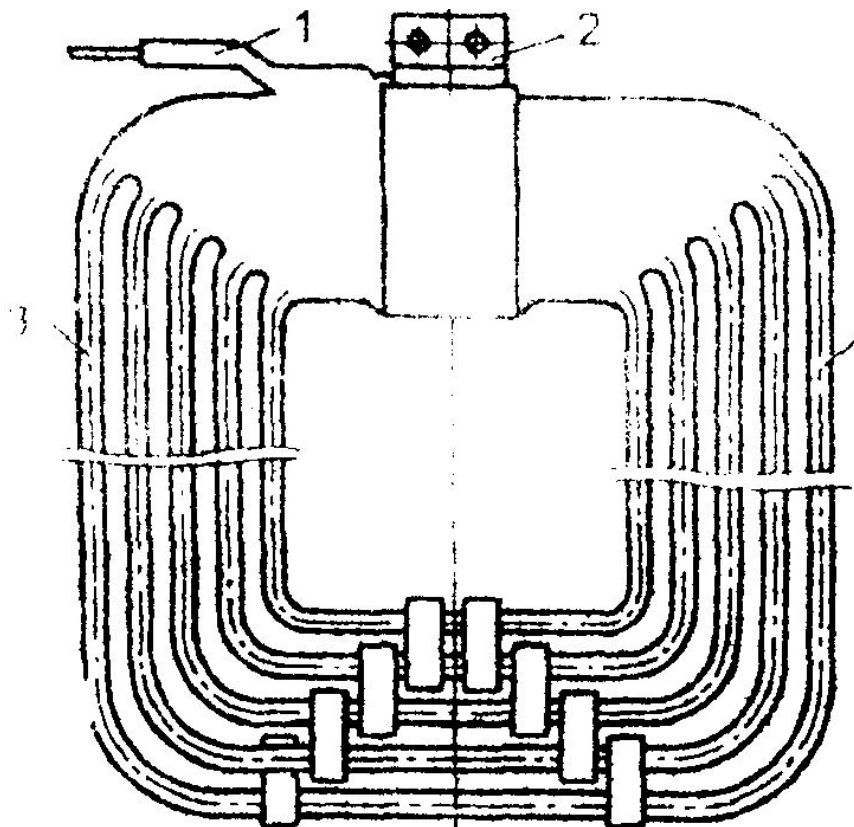
а) – жесткие

б) - гибкие

# Главный полюс



# Компенсационная обмотка



# Крепление сердечников главных полюсов

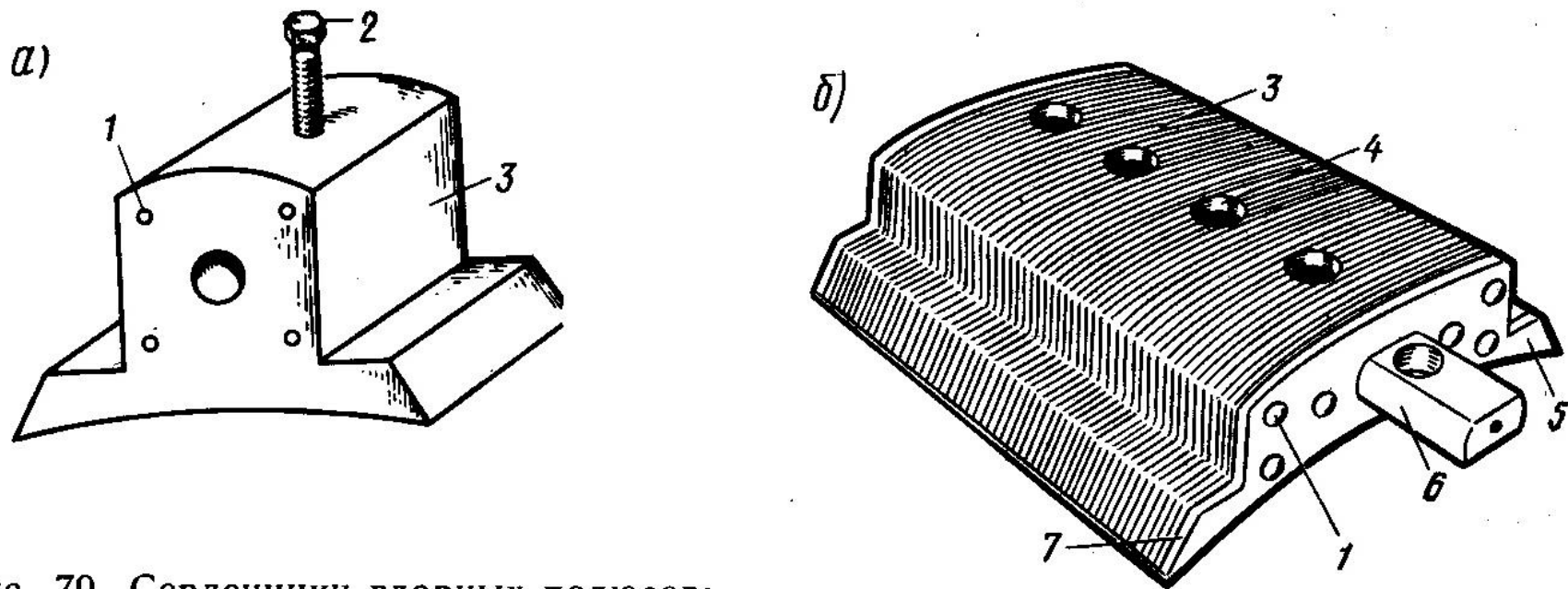


Рис. 79. Сердечники главных полюсов:

1 — заклепки; 2 — установочный болт; 3 — сердечник полюса; 4 — отверстие под установочные болты; 5 — полюсный наконечник; 6 — установочный стержень; 7 — боковина

# Реверсирование

