



# Параллельная работа трансформаторов

# Необходимость параллельной работы трансформаторов

- Под параллельной работой двухобмоточных трансформаторов понимается работа трансформаторов (двух, трех или более) при параллельном соединении как первичных, так и вторичных обмоток.

Параллельная работа нескольких трансформаторов имеет ряд следующих технических и экономических **преимуществ** по сравнению с работой одного мощного трансформатора.

# Преимущества

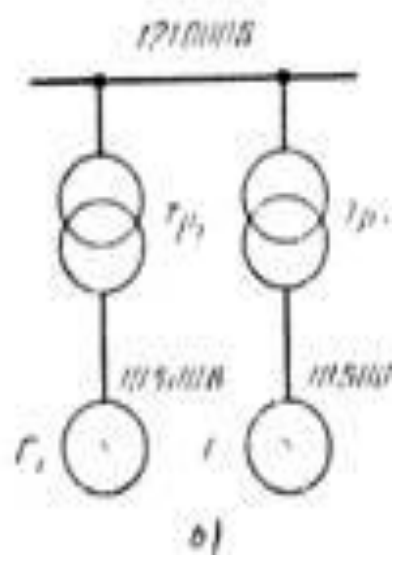
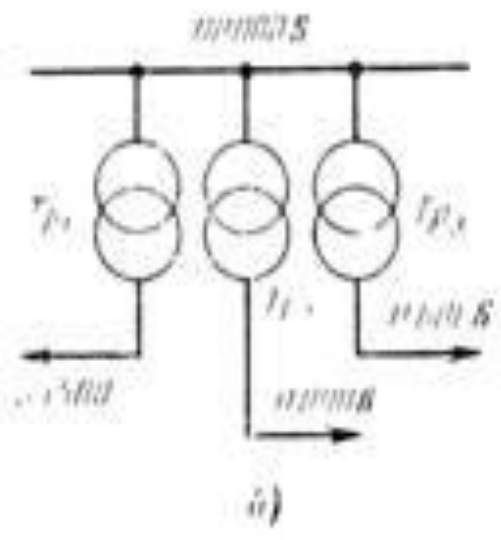
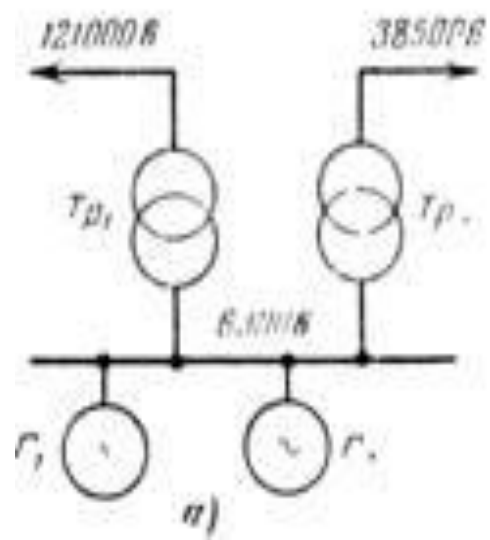
- а) надежность снабжения потребителей электроэнергией, так как выход из строя одного из трансформаторов не лишает потребителей энергии. Нагрузка выбывшего трансформатора может быть временно принята полностью или частично оставшимися трансформаторами;
- б) резервная мощность трансформаторов при их параллельном включении будет значительно меньшей, чем при питании потребителей от одного мощного трансформатора;

- в) в периоды снижения нагрузок (в течение суток или весеннего и летнего сезона) в энергетических системах — на повышающих, понижающих или на районных трансформаторных подстанциях, — часть трансформаторов может быть отключена, что обеспечит более экономичный режим работы подстанции за счет уменьшения потерь холостого хода трансформаторов и их загрузки на максимальный к. п. д.;

- г) **Постепенное развитие подстанций.** При подключении новых потребителей электрической энергии увеличение трансформаторной мощности может быть выполнено дополнительным включением одного или нескольких трансформаторов на параллельную работу. Это особенно необходимо на районных понижающих подстанциях, снабжающих энергией большие промышленные районы. Новое строительство, электрификация различных отраслей народного хозяйства, расширение действующих предприятий требуют из года в год увеличения мощностей электрических установок, а следовательно, и большего отпуска электроэнергии районными подстанциями.

# Различные виды совместной работы трансформаторов

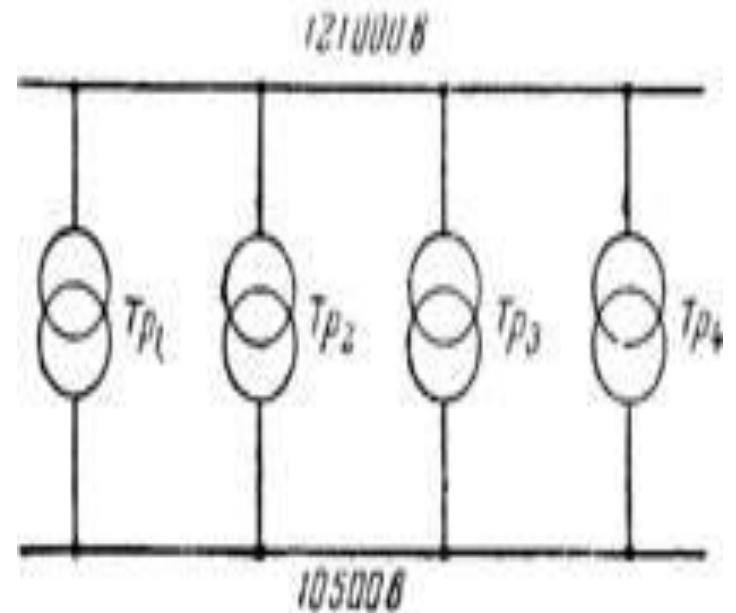
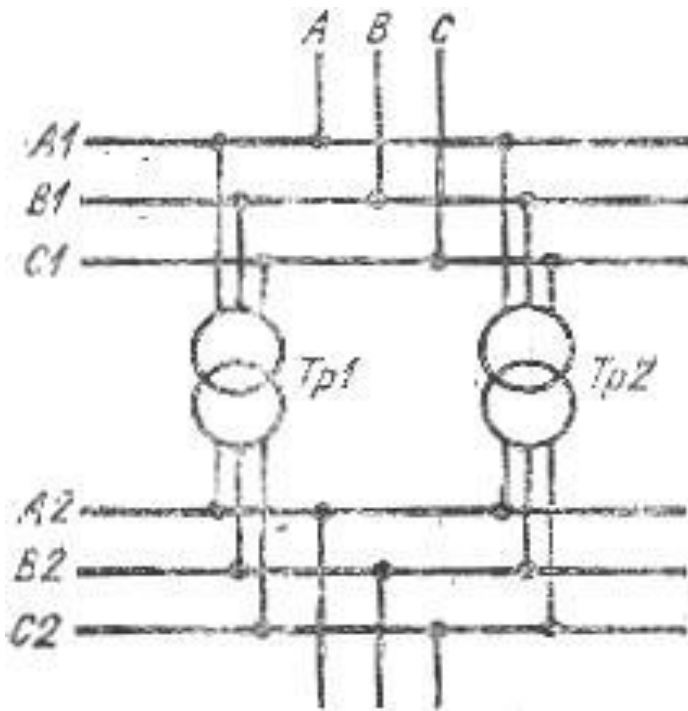
- Следует строго отличать параллельную работу трансформаторов от совместной, когда они включены лишь одной стороной на общие шины.
- На рис. 1-1 показаны различные примеры включения трансформаторов одной стороной на общие шины. На рис. 1-1,а показана совместная работа двух повышающих трансформаторов, когда первичные обмотки их включены на общие шины 6300 в, а вторичные работают отдельно;



- на рис. 1,1,б — совместная работа трех понижающих трансформаторов, включенных со стороны первичных обмоток (ВН) на общие шины 110 000 в, а вторичные обмотки работают раздельно,
- а на рис. 1-1,в — совместная работа двух повышающих трансформаторов, включенных вторичными обмотками на общие шины 121 000 в, в то время как их первичные обмотки электрически не связаны.



■ Рис. 1-2.  
Параллельная  
работа  
трансформаторов.



# Условия параллельной работы трансформаторов

- При параллельной работе двухобмоточных трансформаторов нагрузка между ними будет распределяться пропорционально их номинальной мощности лишь при следующих условиях:  
Номинальные напряжения первичных и вторичных обмоток трансформаторов должны быть соответственно равны.  
Напряжения короткого замыкания должны быть равны.  
Группы соединений обмоток трансформаторов должны быть тождественны, т. е. параллельно работающие трансформаторы должны принадлежать к одной группе.

- согласно ГОСТ отношение наибольшей номинальной мощности к наименьшей не должно превышать 3:1.
- Суммарная нагрузка параллельно включенных трансформаторов согласно ГОСТ должна быть такова, чтобы ни один из трансформаторов не был нагружен более его нагрузочной способности.

- **Различие между напряжениями короткого замыкания трансформаторов при параллельной работе допускают до  $\pm 10\%$  их среднего значения, так как неравенство этих величин вызывает перегрузку тех трансформаторов, у которых напряжение короткого замыкания имеет меньшее значение.**

- *ГОСТ допускает параллельную работу трансформаторов и при неполном равенстве номинальных напряжений и напряжений короткого замыкания при условии, чтобы ни один из параллельно включенных трансформаторов не был нагружен более его нагрузочной способности.*

- *Допускается параллельная работа двухобмоточных трансформаторов и трехобмоточных трансформаторов между собой на всех трех обмотках, а также двухобмоточных с трехобмоточными, если предварительным расчетом установлено, что ни одна из обмоток параллельно соединенных трансформаторов не нагружается выше ее нагрузочной способности на тех ответвлениях и в тех режимах, в которых предусматривается параллельная работа.*

- *При параллельной работе трансформаторов с РПН (РПН— регулирование напряжения путем переключения ответвлений обмотки трансформатора под нагрузкой), имеющих дистанционное ручное или автоматическое управление, их приводы должны обеспечивать при подаче команды на переключение практически одновременное окончание процесса переключения с одного ответвления на другое для всех параллельно работающих трансформаторов. Трансформаторы с РПН мощностью ниже 1 000 кВА не предназначены для параллельной работы.*

- Для лучшего использования трансформаторов при параллельной работе **необходимо нагрузки распределять между ними прямо пропорционально их номинальным мощностям**. Это достигается тождественностью групп соединения обмоток, равенством в пределах допусков соответственно номинальных первичных и вторичных напряжений, а также равенством в пределах допусков напряжений короткого замыкания.



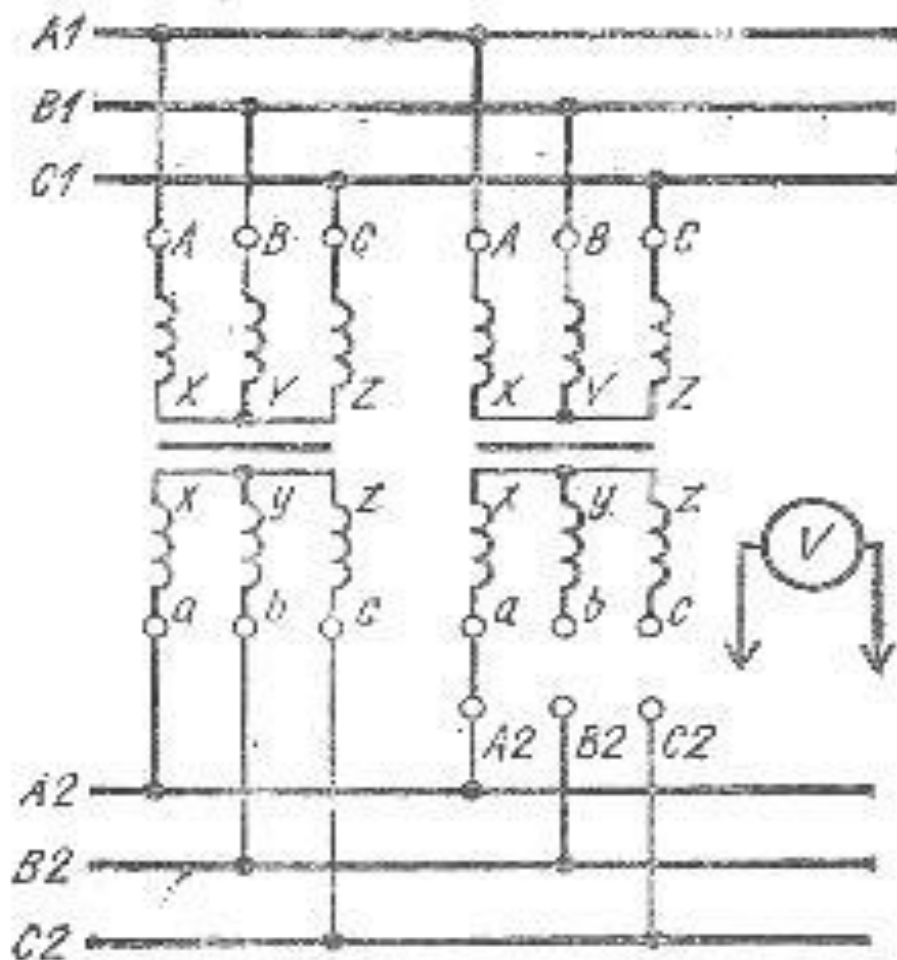
- Нарушение первого условия вызывает появление больших уравнительных токов между обмотками трансформаторов, которые приводят к быстрому чрезмерному их нагреву. Требование равенства соответственно номинальных первичных и вторичных напряжений сводится к установлению равенства коэффициентов трансформации, которые не должны отличаться друг от друга более чем на  $\pm 0,5\%$  их среднего значения во избежание недопустимых уравнительных токов обмоток трансформаторов

- При параллельном включении трехфазных трансформаторов нужно, чтобы их одноименные зажимы были присоединены к одному и тому же проводу сети, а перед первоначальным включением проведена фазировка, т. е. проверка соответствия по фазе вторичных э. д. с. при подключении первичных обмоток к общей сети.

- **Фазировка трехфазных трансформаторов при включении их на параллельную работу**
- предусматривает проверку симметрии вторичных э. д. с. каждого трансформатора в отдельности и измерение напряжений между зажимами  $b$  и  $B_2$ ,  $c$  и  $C_2$ , которые при закороченных зажимах  $a$  и  $A_2$  и правильном присоединении трансформатора должны быть равны нулю.

- Если напряжения между названными зажимами отличны от нуля, это указывает на допущенную ошибку монтажа, исключаящую, до ее устранения, возможность включения трансформаторов на параллельную работу. Для измерения напряжений при фазировке следует применять электромагнитный вольтметр на двойное линейное вторичное напряжение трансформаторов.

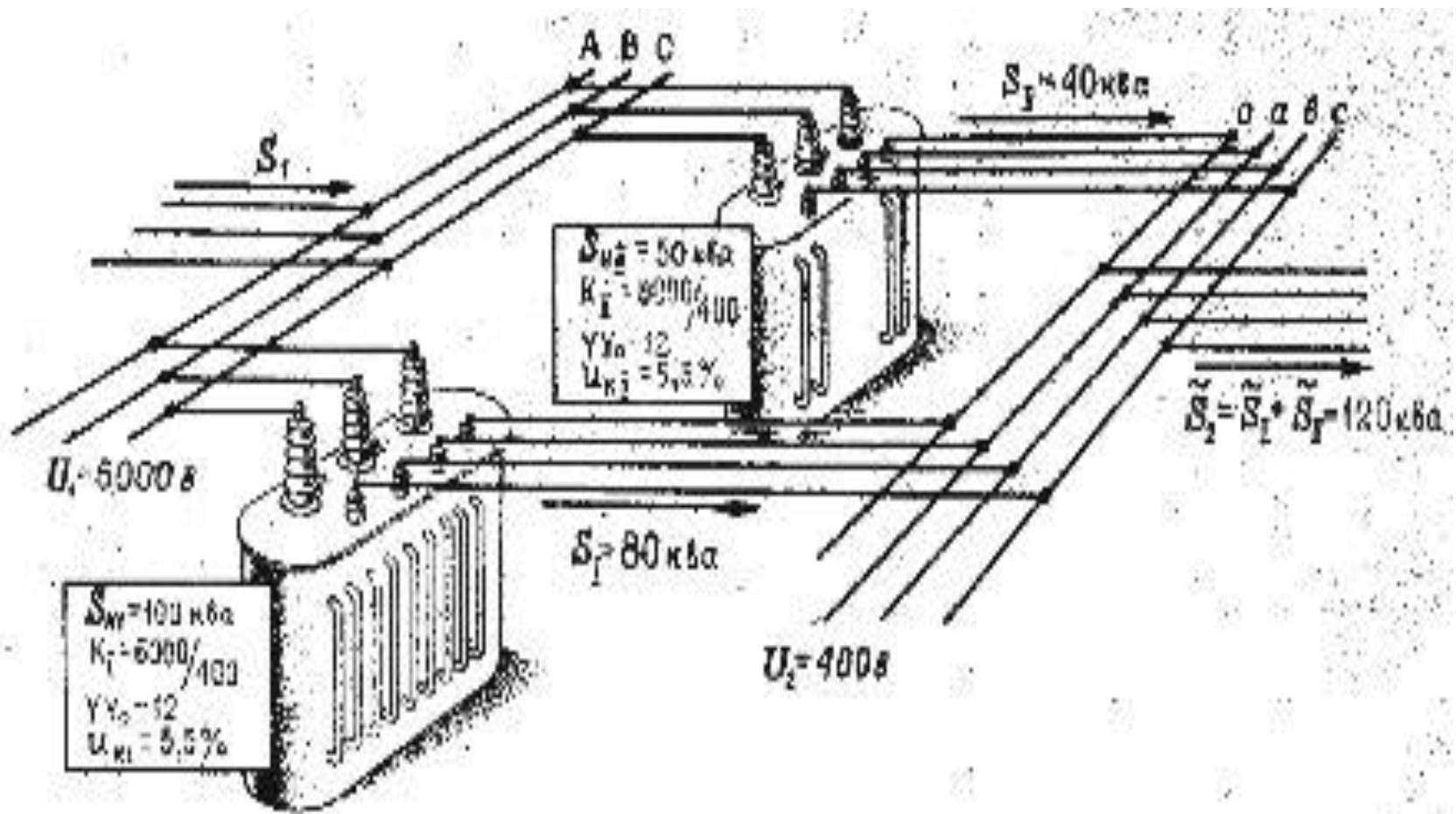
Схема фазировки  
трехфазных  
трансформаторов,  
включаемых на  
параллельную  
работу.



# Распределение нагрузок между трансформаторами, включенными на параллельную работу

- Распределение нагрузок  $S_1$  и  $S_2$  между параллельно работающими трансформаторами подчинено уравнению
- $S_1 / S_2 = (S_{1ном} / S_{2ном}) \times (U_{к2}^* / U_{к1}^*)$ ,
- где  $S_{1ном}$ ,  $S_{2ном}$  - номинальные мощности,  $U_{к1}^*$ ,  $U_{к2}^*$  - напряжение короткого замыкания трансформаторов, включаемых на параллельную работу.

# Параллельная работа трансформаторов разной мощности



- Некоторое перераспределение нагрузки между **параллельно работающими трансформаторами с различными напряжениями короткого замыкания** осуществляют изменением их коэффициентов трансформации путем переключения ответвлений первичных обмоток. Переключение необходимо выполнять так, чтобы у недогруженных трансформаторов вторичное напряжение при холостом ходе было выше, чем у трансформаторов, работающих с перегрузкой.



- В виде исключения допустима параллельная работа трансформаторов с разными коэффициентами трансформации и неодинаковыми напряжениями короткого замыкания при обязательном условии, чтобы ни один из трансформаторов не был перегружен сверх установленных норм.