

УДК 621.313

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РАБОТЫ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Сикорский Н.Ю.

Научный руководитель - к.т.н., доцент Радкевич В.Н.

Параллельной работой нескольких силовых трансформаторов называется такая их работа, при которой к вторичным обмоткам подключена общая нагрузка, а первичные обмотки присоединены к одной электрической сети. Такой режим работы силовых распределительных трансформаторов может применяться в системах электроснабжения промышленных предприятий в следующих случаях:

- для обеспечения бесперебойного электроснабжения электроприемников;
- с целью уменьшения колебаний напряжения в электрической сети вторичного напряжения;
- при наличии суточных или сезонных колебаний нагрузки для снижения потерь электроэнергии в трансформаторах;
- если нагрузка потребителей электроэнергии превышает мощность, на которую может быть выполнен один трансформатор.

Применение параллельной работы цеховых трансформаторов позволяет достичь:

- уменьшения на 25 - 30 % суммарной установленной мощности трансформаторов (по сравнению с раздельной их работой) за счет снижения общей суммарной нагрузки из-за несовпадения максимумов нагрузок потребителей, получающих питание от отдельных трансформаторов. Этому способствует также более высокая степень загрузки параллельно работающих трансформаторов и меньшая требуемая резервная мощность на случай выхода трансформаторов из строя;
- повышения качества электроэнергии из-за стабильного уровня токов короткого замыкания (КЗ) во всей сети, что дает возможность подключения электроприемников с нелинейными нагрузками большей мощности (электросварочные установки, вентильные преобразователи и т.п.). В ряде случаев такой режим работы трансформаторов позволяет осуществлять совместное питание нелинейных нагрузок с электроприемниками, требующих обеспечения качества электроэнергии (световые приборы, компьютеры, микропроцессорные устройства, станки с числовым программным управлением и др.);
- повышения надежности срабатывания защитных аппаратов при однофазных КЗ в электрической сети вторичного напряжения;
- обеспечения возможности поэтапного ввода трансформаторных мощностей по мере роста фактических нагрузок предприятия (цеха);
- снижения потерь электроэнергии трансформаторах за счет рационального режима работы и отключения части ненагруженных трансформаторов при одно- и двухсменных режимах работы предприятия.

При параллельном включении трансформаторов снижаются потери мощности и электроэнергии в СЭС, уменьшаются электромагнитные помехи и повышается качество напряжения в электрических сетях. На параллельную работу могут включаться трансформаторы цеховых подстанций с двумя и тремя трансформаторами. Возможно также включение на параллельную работу трансформаторов подстанций с одним трансформатором через магистральные шинопроводы [1]. Существующие автоматические выключатели и магистральные шинопроводы технически допускают параллельное включение пяти трансформаторов с единичной номинальной мощностью 1000 кВ·А, трех – до 1600 кВ·А и двух - 2500 кВ·А.

При параллельной работе силовых трансформаторов должны соблюдаться следующие условия [2]:

- группы соединения обмоток одинаковые;

- соотношение номинальных мощностей трансформаторов не более 1:3;
- коэффициенты трансформации отличаются не более чем на $\pm 0,5\%$;
- напряжения КЗ (U_k) отличаются не более чем на $\pm 10\%$;
- произведена фазировка трансформаторов.

При несоблюдении указанных условий режим работы трансформаторов существенно ухудшается. Например, при разных группах соединений обмоток вторичные линейные напряжения трансформаторов окажутся сдвинутыми по фазе относительно друг друга и в цепи трансформаторов появится разностная ЭДС, под действием которой возникает значительный уравнивающий ток. Уравнивающий ток протекает по первичным и вторичным обмоткам и ограничивается только их сопротивлениями. Этот ток вызывает циркуляцию мощности от одного трансформатора к другому, и, следовательно, неравномерную нагрузку трансформаторов, сопровождающуюся увеличением потерь мощности и повышением температуры нагрева трансформаторов.

Уравнивающий ток может превышать номинальный в несколько раз, что равносильно короткому замыканию. Поэтому параллельная работа трансформаторов с различными группами соединения обмоток не допускается.

В случае различия коэффициентов трансформации первичные и вторичные напряжения не равны. В связи с этим, даже в режиме холостого хода (ХХ), в замкнутом контуре вторичных обмоток возникает уравнивающий ток. При нагрузке трансформаторов уравнивающий ток накладывается на нагрузочный. При этом трансформатор с более высоким напряжением ХХ (с меньшим коэффициентом трансформации) оказывается перегруженным, а равный ему по мощности трансформатор с большим коэффициентом трансформации – недогруженным. Падения напряжений от уравнивающих токов выравнивают вторичные напряжения обмоток. В общем случае допускается работа трансформаторов с различием коэффициентов трансформации до $\pm 0,5\%$. При этом желательно, чтобы трансформатор с большей мощностью имел меньший коэффициент трансформации.

Если при параллельной работе трансформаторов напряжения КЗ U_k не равны, то перегружается трансформатор с меньшим значением U_k , т.е. с меньшим полным сопротивлением. Относительные мощности (нагрузки) параллельно работающих трансформаторов обратно пропорциональны их U_k . В итоге неравенство U_k приводит к перегрузке трансформатора с меньшим U_k и недогрузке трансформатора с большим U_k .

В этом случае, чтобы не допустить перегрузки трансформатора необходимо снизить общую нагрузку всей группы параллельно работающих трансформаторов, что приводит к недоиспользованию установленной мощности трансформаторов. С учетом того, что практически не всегда возможно подобрать трансформаторы с одинаковыми значениями U_k , действующими нормативными документами допускается включение на параллельную работу трансформаторов при разнице U_k не более чем 10% от их среднего арифметического значения.

В заключение отметим, что параллельная работа силовых трансформаторов оказывает влияние на построение электрических сетей первичного и вторичного напряжения. Поэтому такой режим работы трансформаторов должен быть обоснован.

Литература

1. Радкевич, В.Н. Электроснабжение промышленных предприятий: [учебное пособие для учреждений высшего образования по специальности "Электроснабжение"] / В.Н. Радкевич, В.Б. Козловская, И.В. Колосова - Минск: ИВЦ Минфина, 2015. - 588 с.: ил
2. Электрические машины / Брускин Д.Э., Зорохович А.Е., Хвостов В.С. Часть 1, 1987 г. Ресурс доступа: http://www.induction.ru/library/book_001/glava2/2-14.html