

# СИСТЕМА ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ

- Испытание индуцированным напряжением переменного тока
- Измерение потерь и тока без нагрузки
- Измерение сопротивления короткого замыкания и потерь под нагрузкой
- Испытание на нагрев
- Специальные испытания

## СИСТЕМА ИСПЫТАНИЙ ТРАНСФОРМАТОРОВ



Рис. 1 Система испытаний трансформаторов для испытаний индуцированным напряжением на основе статического преобразователя частоты, тип WV 2000-4000/170

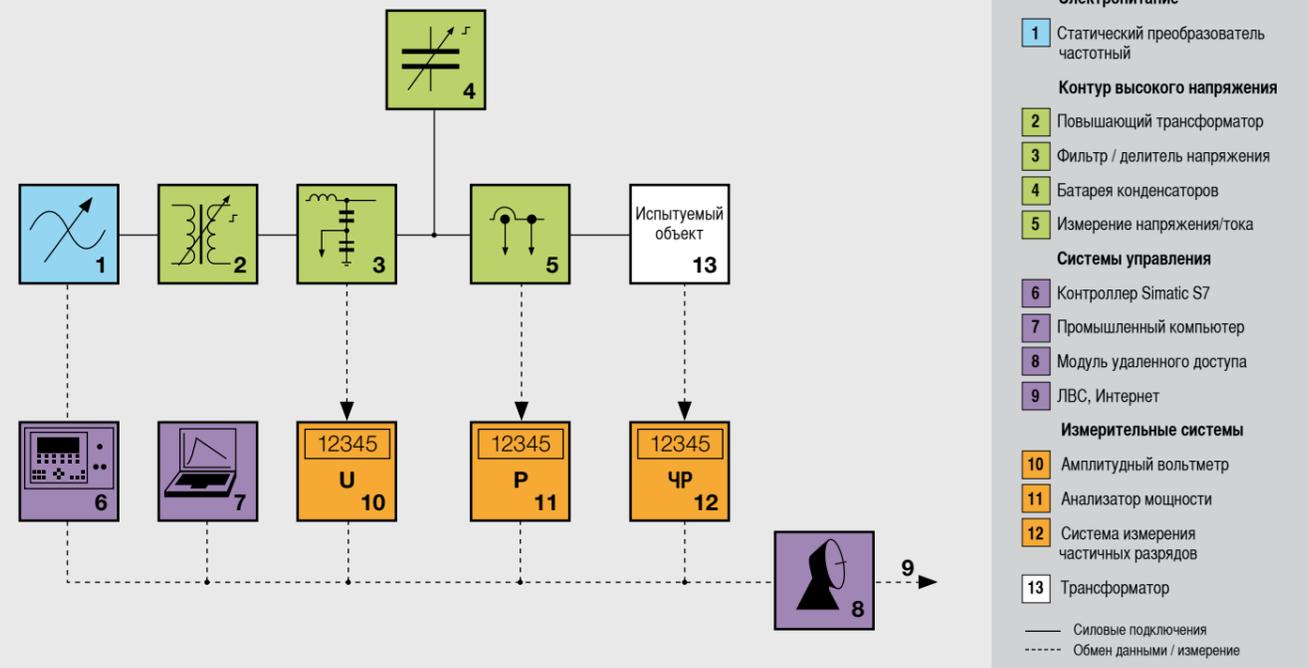


Рис. 2 Блок-схема системы испытаний трансформаторов

## КРАТКОЕ ИЗЛОЖЕНИЕ ФАКТОВ

Данная система испытаний силовых трансформаторов способна проводить испытание индуцированным напряжением переменного тока, измерение потерь и тока без нагрузки, измерение сопротивления короткого замыкания и потерь под нагрузкой, испытание на нагрев и специальные испытания в соответствии с международным стандартом IEC 60076, части 1 - 3. Данная система базируется на самом современном преобразователе частоты и обеспечивает выполнение тестов с генерированием точной формы кривой напряжения с полным коэффициентом гармонических искажений < 5 % и уровнем помех от частичных разрядов < 10 пКл. Данная система не требует технического обслуживания и имеет низкие затраты в течение срока службы. Необходимы минимальные инвестиционные затраты и минимальные требования по установке. Данная система является высокоэффективной благодаря полностью автоматизированным тестовым процедурам. Помимо этого, модульная конструкция данной системы испытания обеспечивает возможности для ее расширения в будущем.

## ПРИМЕНЕНИЕ

**1) Испытание индуцированным напряжением переменного тока** путем возбуждения низковольтной обмотки трансформатора высоким напряжением переменного тока на высоковольтной стороне. Преобразователь частоты обеспечивает подачу трехфазного или однофазного возбуждающего напряжения  $\geq 100$  Гц, которое может быть настроено под различные низковольтные обмотки трансформаторов с использованием точно откалиброванного повышающего трансформатора с многочисленными отводами. Стандартные выходные напряжения повышающего трансформатора находятся в диапазоне от 1,5 кВ до 170 кВ.

**2) Измерение потерь и тока без нагрузки** при номинальном напряжении и частоте питающей сети (50 / 60 Гц) в трехфазном и однофазном режимах. Для измерения потерь соответствующее оборудование подключается к низковольтной стороне испытываемого трансформатора.

**3) Измерение сопротивления короткого замыкания и потерь под нагрузкой** при номинальном токе и частоте питающей сети (50 / 60 Гц) в трехфазном и однофазном режимах с использованием системы измерения потерь. Требуется блок компенсирующих емкостей.

**4) Испытание на нагрев** с увеличенной мощностью питания для нагревания объекта испытаний с суммой потерь под нагрузкой и без нагрузки при 50 / 60 Гц. Требуется блок компенсирующих емкостей.

**5) Специальные испытания**, такие, как, например, определение уровней акустического шума в условиях без нагрузки и с нагрузкой, или измерение импеданса нулевой последовательности при 50 / 60 Гц.

## СИСТЕМА И КОМПОНЕНТЫ

Центральным источником питания является статический преобразователь частоты (1) [см. рис. 2]. Он обеспечивает подачу как активной, так и реактивной мощности с переменной амплитудой и частотой в испытательной цепи. Выходное напряжение преобразователя настраивается на требуемый уровень испытательного напряжения с использованием имеющего точную настройку повышающего трансформатора (2). Электромагнитные помехи сглаживаются при помощи фильтра (3). Соответствующий конденсатор фильтра выполнен как делитель напряжения, с которого выходной сигнал подается на амплитудный вольтметр (10) для измерения и контроля испытательного напряжения. Настроенная и точно откалиброванная батарея высоковольтных конденсаторов (4) обеспечивает возможности для компенсации реактивной мощности во время измерения потерь под нагрузкой или проведения испытания на нагрев. Измерительная система, состоящая из устройств измерения напряжения и тока (5), анализатора мощности (11) применяется для точных измерений мощности. Блок компьютерного управления (7) вместе с устройством управления SIMATIC S7 (6) обеспечивают возможности для автоматического выполнения сложных процедур тестирования, а также хранения данных в центральной базе данных для последующей оценки или оформления полного протокола испытаний трансформатора (HIGHVOLT-Suite®). В системе испытаний имеется многоканальная система измерения частичных разрядов (12).

## ПРЕИМУЩЕСТВА

- ПОЛНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ ГАРМОНИЧЕСКИХ ИСКАЖЕНИЙ < 5 %
- УРОВЕНЬ ПОМЕХ ОТ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ < 10 пКл
- ПЛАВНАЯ РЕГУЛИРОВКА ЧАСТОТЫ В ДИАПАЗОНЕ ОТ 40 ДО 200 Гц

- МОДУЛЬНАЯ КОНСТРУКЦИЯ ОБЕСПЕЧИВАЕТ ВОЗМОЖНОСТИ ДЛЯ БУДУЩЕГО РАСШИРЕНИЯ
- ТОЧНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ ПОТЕРЬ БЛАГОДАРЯ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕСТОВОЙ ЧАСТОТЫ, ОБЕСПЕЧИВАЕМОЙ КВАРЦЕВЫМ ГЕНЕРАТОРОМ

- НИЗКИЙ АКУСТИЧЕСКИЙ ШУМ
- ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ НЕ ТРЕБУЕТСЯ
- НИЗКИЕ ИНВЕСТИЦИОННЫЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ РАСХОДЫ

## ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ

### 1 Номинальные значения мощности

Одним из наиболее важных параметров системы испытания трансформаторов является фактическая активная и реактивная мощности для возбуждения испытываемого трансформатора. Требуемая мощность зависит от номинальных значений мощности и напряжения испытываемых трансформаторов и особенности их конструкции, а также от запланированных испытаний.

Во время испытания индуцированным напряжением переменного тока трансформатор представляет собой нелинейную, главным образом резистивно емкостную нагрузку. Требуемая мощность испытаний является низкой, но возрастает с повышением частоты.

В случае измерения потерь в режиме холостого хода при 50 / 60 Гц, испытываемый трансформатор будет полностью возбужден, и ток холостого хода будет содержать значительное количество гармоник. При испытании трансформатор представляет собой нелинейную нагрузку. Требуемая мощность испытаний низкая, но источник электропитания для тестирования должен вести себя как очень устойчивый источник переменного тока, во избежание помех со стороны гармоник тока холостого хода, оказывающих влияние на форму волны напряжения. В отличие от этого, подвергающийся испытанию трансформатор представляет собой линейную и резистивно-индуктивную нагрузку во время измерения сопротивлений короткого замыкания и потерь под нагрузкой, а также во время испытания на нагрев. Испытание на нагрев требует подачи на испытуемый объект активной и реактивной мощности с самыми высокими значениями. Статический преобразователь частоты обеспечивает активную и незначительную часть требуемой реактивной мощности. Основная часть реактивной мощности должна обеспечиваться настроенной и точно градуированной/калиброванной батареей конденсаторов (HVC).

Рис. 3 иллюстрирует характеристику реактивно-активной мощности системы испытаний на 2 МВт / 4 МВА при 50 Гц, а также с батареей высоковольтных конденсаторов приблизительно 100 МВАр. Каждая точка на кривых представляет одно имеющееся

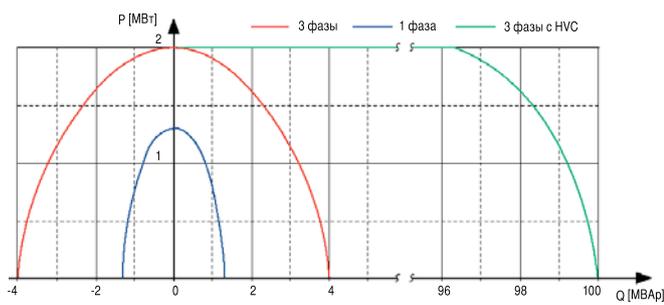


Рис. 3 Диаграмма P-Q для системы испытаний (три фазы и одна фаза при 50 Гц)

Таблица 1 Стандартные системы испытаний и соответствующие параметры

Система тестирования		WV 620/1200	WV 1000/2000	WV 1500/3000	WV 2000/4000	2x WV 2000/4000
Активная мощность	кВт	620	1000	1500	2000	4000
Кажущаяся мощность (преобразователь)	кВА	1200	2000	3000	4000	8000
Реактивная мощность (компенсация)	МВАр	12	24	48	100	200
Макс. выходное напряжение	кВ	80	80	80	170	170
Испытываемый трансформатор	МВА	50-100	100-220	220-400	400-630	630-1000

сочетание активной и реактивной мощности системы испытаний. В отношении стандартных систем и соответствующих параметров испытаний см. таблицу 1.

### 2 Синусоидальная форма волны

Данная система в полной мере соответствует требованиям IEC 60076, определяющим полный коэффициент гармонических искажений на уровне < 5% от испытательного напряжения. Рис. 4 демонстрирует типичную осциллограмму выходных напряжений трансформатора системы испытаний при испытании силового трансформатора 150 МВА. Несмотря на чрезвычайно нелинейное потребление тока (полный коэффициент гармонических искажений тока трансформатора (THDi – 52 %), достигаемый в результате полный коэффициент гармонических искажений испытательного напряжения THDu не превышает 3,5 %.

### 3 Уровень частичных разрядов

Максимальный уровень помех от частичных разрядов, измеренный в соответствии с IEC 60270, не превышает уровня в 10 пКл. Таким образом, данная система испытаний полностью удовлетворяет требованиям стандарта IEC 60076-3.

### 4 Частота

Одним из главных преимуществ применения статического преобразователя частоты в качестве основного компонента системы испытания трансформаторов является плавно регулируемая частота в диапазоне от 40 до 200 Гц. В результате этого, используется только один статический преобразователь частоты в качестве центрального источника питания для всех измерений потерь при 50 / 60 Гц, а также, для испытания индуцированным напряжением тестовыми частотами  $\geq 100$  Гц. Данная система имеет обеспечиваемую кварцевым генератором стабильную выходную частоту (в пределах  $\pm 0,01$  Гц) и является основой для точных результатов измерений.

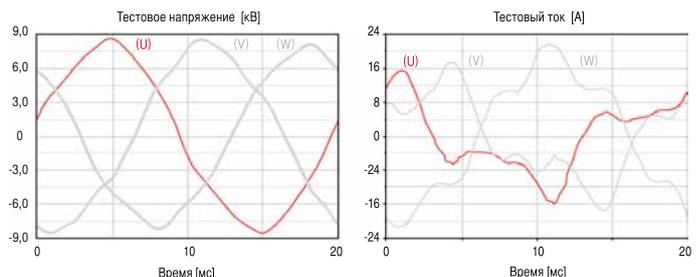


Рис. 4 Форма испытательных напряжения и тока – измерение потерь без нагрузки с THDu < 3,5 % и THDi = 52 % (трансформатор на 150 МВА)

За дополнительной информацией обращаться к:

**HIGHVOLT Prüftechnik Dresden GmbH**  
Marie-Curie-Straße 10  
01139 Dresden  
Germany / Германия

Телефон +49 351 8425-700  
Факс +49 351 8425-679  
Электрон. почта sales@highvolt.de  
Интернет www.highvolt.de