

Разделительные медицинские трансформаторы

Мирослав Лукевски

Разделительный медицинский трансформатор является основным элементом системы, питающей изолированную электрическую сеть в медицинском помещении. Бесперебойная работа разделительного трансформатора в значительной степени влияет на надежность всей системы гарантированного электропитания. Поэтому к таким трансформаторам предъявляются очень высокие технические требования, обеспечивающие бесперебойную и безопасную эксплуатацию. В статье представлены однофазные и трехфазные разделительные трансформаторы.

Техническая характеристика медицинских разделительных трансформаторов

Польская норма, определяющая технические требования для разделительных трансформаторов, используемых для питания медицинских помещений **PN-EN 61558-2-15**, является переводом английской версии нормы **EN 61558-2-15:2001**. Эти нормы гармонизированы с директивой нового подхода **73/23/ЕЕС** Электрическое оборудование низкого напряжения (**LVD**). Трансформаторы, изготавливаемые в **ELHAND TRANSFORMATORY**, соответствуют всем общим требованиям и требованиям по безопасности новейших норм.

От разделительных медицинских трансформаторов требуются, прежде всего, надежная работа и стабильность параметров в течение всего периода эксплуатации. Эти трансформаторы производятся в однофазном варианте тип **ET1MED** и трехфазном тип **ET3MED**. Диапазон допустимых мощностей определен в норме [2] в пределах от **0,5** до **10** кВА. Кроме этого, ограничено первичное напряжение, которое не должно превышать **1000 В**. Максимальное напряжение вторичной обмотки определено в **250 В**. Номинальная частота медицинских разделительных трансформаторов не должна превышать **500Гц**.

В таких трансформаторах используется усиленная изоляция, так, чтобы соответствовать требованиям относительно тока утечки. В соответствии с нормой [2], ток утечки вторичной обмотки трансформатора на землю, измеряемый в состоянии холостого хода, не должен превышать **0,5 мА**. Ток утечки с экрана, расположенного между первичной и вторичными обмотками, на землю, измеряемый в состоянии нагрузки, не должен превышать **3,5мА**. Реальные токи утечки трансформаторов **ETMED** находятся в пределах **0,2мА**.

Таб.1. Основные технические параметры разделительных трансформаторов типа **ET1MED**

Тип	Мощность [кВА]	I_n [А]	ΔP_{fe} [Вт]	ΔP_{cu} [Вт]	u_z [% U_n]	i_o [% I_n]	$I_{безоп}$ [А] gG	L [мм]	V_{max} [мм]	H [мм]	d [мм]	e [мм]	k [мм]	w [мм]	f [мм]	Вес [кг]
ET1MED - 2,5	2,5	11,3	10	86	2,72	0,95	16	200	180	280	140	145	177	258	11 x 15	29
ET1MED - 3,15	3,15	14,1	15	118	2,78	0,92	25	200	200	280	140	171	203	258	11 x 15	33
ET1MED - 4,0	4,0	18	19	129	2,57	0,89	25	240	180	325	200	140	178	305	11 x 15	41
ET1MED - 5,0	5,0	22,5	22	171	2,57	0,79	35	240	195	325	200	155	193	305	11 x 15	46
ET1MED - 6,3	6,3	28,3	23	212	2,42	0,67	35	240	195	325	200	155	193	305	11 x 15	50
ET1MED - 8,0	8,0	35,7	29	222	2,23	0,84	50	280	210	370	240	166	208	356	11 x 15	62
ET1MED - 10,0	10,0	45,2	30	300	2,9	0,5	63	280	225	435	240	181	225	356	11 x 15	75

Таб.2. Основные технические параметры разделительных трансформаторов типа **ET3MED**

Тип	Мощность [кВА]	I_n [А]	ΔP_{Fe} [Вт]	ΔP_{Cu} [Вт]	u_z [% U_n]	i_o [% I_n]	$I_{безоп}$ [А]	L [мм]	B_{max} [мм]	H [мм]	d [мм]	e [мм]	k [мм]	w [мм]	f [мм]	Вес [кг]
ET3MED - 2,5	2,5	3,7	28	60	2,8	1,9	6	300	190	285	240	145	177	258	11 x 15	43
ET3MED - 3,15	3,15	4,7	32	80	2,9	1,8	10	300	200	285	240	160	192	258	11 x 15	49
ET3MED - 4,0	4,0	6,0	38	100	2,6	1,7	10	300	210	285	240	171	203	258	11 x 15	53
ET3MED - 5,0	5,0	7,5	39	125	2,9	1,7	16	360	245	360	310	140	178	305	11 x 15	62
ET3MED - 6,3	6,3	9,4	40	160	2,8	1,7	16	360	250	360	310	140	178	305	11 x 15	65
ET3MED - 8,0	8,0	12,0	51	210	2,9	1,6	20	420	285	415	370	166	208	356	11 x 15	88
ET3MED - 10,0	10,0	14,9	60	220	2,6	1,6	25	420	300	415	370	181	223	356	11 x 15	106

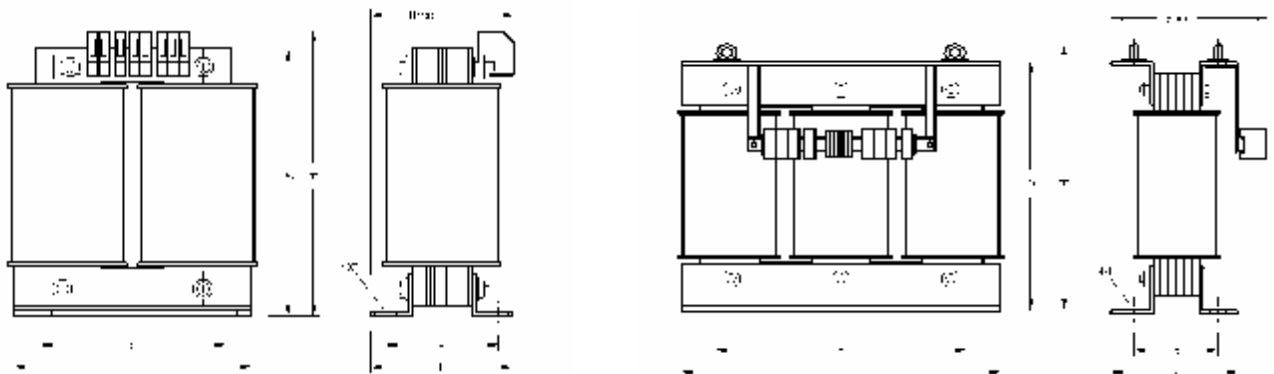


Рис.1 Эскизы разделительных трансформаторов типа **ET1MED** и **ET3MED**

Очередные требования нормы [2] касаются напряжения на вторичной обмотке в режиме холостого хода трансформатора, тока холостого хода и напряжения короткого замыкания. Разница между вторичным напряжением холостого хода U_{wj} и вторичным напряжением в состоянии номинальной нагрузки U_{wob} , которая выражается в процентах вторичного напряжения, измеренного при номинальной нагрузке, не должна превышать 5%. Это требование выражается формулой (1).

$$100\% \times \frac{U_{wj} - U_{wob}}{U_{wob}} \leq 5\% \quad (1)$$

Ток холостого тока разделительных медицинских трансформаторов должен быть ограничен до 3% номинального первичного тока при питании номинальным напряжением, а напряжение короткого замыкания не должно превышать 3% номинального напряжения питания.

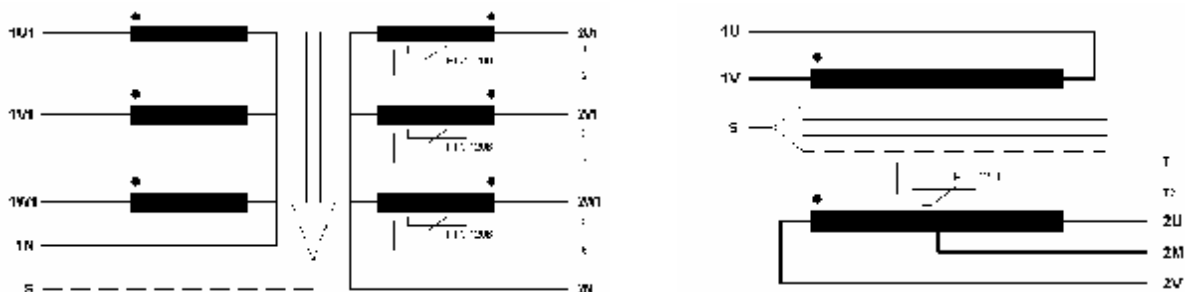


Рис.2 Схемы соединений разделительных трансформаторов типа **ET1MED** и **ET3MED**

Трансформаторы типа **ET1MED** и **ET3MED** в аварийном состоянии могут работать в условиях перегрузки. Допускается перегрузка на уровне $1,6 \times I_n$ в течение одного часа, или $2 \times I_n$ в течение 45 мин. Допустимые перегрузки были определены во время разрушающих испытаний, проведенных с трансформаторами, о которых идет речь. В системах питания медицинских помещений за температурой обмотки трансформатора следит реле, связанное с датчиком температуры. Датчик встроен в обмотку трансформатора. Индикация текущей температуры обмотки - постоянная, а об аварийном состоянии подается сигнал на модуль и сигнализационную кассету при превышении установленного предела 120°C . Нагрузка трансформатора отслеживается непрерывно амперметром, который также регистрирует средний 15 минутный ток и ток максимальный. Это позволяет оценивать факторы, вызывающие повышение температуры обмотки трансформатора. Схемы подсоединения обмотки трансформаторов **ET1MED** и **ET3MED** представлены на рис.2.

Ударный ток включения трансформаторов типа **ETMED**

Важным параметром, на который обращает внимание норма **PN-EN 61558-2-15**, является ударный ток включения. Эта норма требует, чтобы сама конструкция трансформатора, без использования дополнительных элементов, ограничивала значение ударного тока включения до 12-кратного значения пикового номинального первичного тока.

Ток ударного включения трансформаторов типа **ET1MED** и **ET3MED** не превышает установленного в норме 12-кратного значения номинального первичного тока. Кроме этого, согласно рекомендациям нормы [2] были проведены исследования трансформаторов и подбор предохранителей. В технических материалах, доступных в **ELHAND TRANSFORMATORY**, находятся технические данные (таб. 1, 2) трансформаторов **ET1MED** и **ET3MED**, а также подобранные, протестированные и рекомендуемые производителем плавкие предохранители.

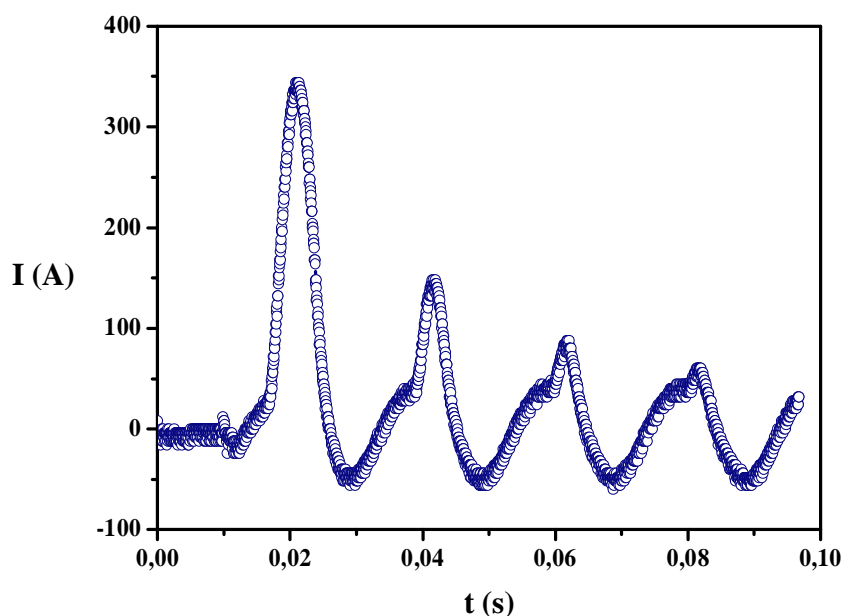


Рис.1 Ударный ток включения трансформатора типа **ET1MED-6,3кВА** в режиме холостого хода питаемого с первичной стороны [5]

На Рис.1 представлен переходный процесс ударного тока включения, зарегистрированный во время серии измерений [5], для трансформатора типа **ET1MED** с номинальной мощностью 6,3 кВА. Во время исследовательских работ были проведены

измерения и зарегистрированы результаты для целого ряда разделительных медицинских трансформаторов.

Использование рекомендованных **ELHAND TRANSFORMATORY** типов и значений плавких предохранителей предотвращает возникновение неожиданных, случайных перерывов в подаче питания, вызванных неправильной работой предохранений.

Следует обратить внимание, что часто аннулированные либо замененные нормы, которые являлись обязательными в некоторых европейских странах, по-разному описывали ударный ток включения, используя то действующее, то мгновенное пиковое значение первичного тока в качестве определения требуемого значения тока включения. Разница в написании часто вызывала недоразумения.

Относительно недавно введенная норма **PN-EN 61558-2-15** не оставляет сомнений относительно требуемых, а тем самым безопасных значений ударного тока включения.

Ударный ток включения можно, при некоторых упрощениях, приблизительно аналитически определить, используя формулы (2,3,4).

$$I_{\max} = \frac{U\sqrt{2}}{Z_{z,w}} \left(2 + \frac{B_R}{B_{z,w}} - \frac{B_S}{B_{z,w}} \right) \quad (2)$$

$$Z_{z,w} = \sqrt{R_{z,w}^2 + X_{z,w}^2} \quad (3)$$

$$X_{z,w} = 2\pi f z_{z,w}^2 m_0 \frac{S_{z,w}}{L} \quad (4)$$

Однако, необходимо обязательно иметь несколько основных величин: индукция насыщения (**B_S**), остаточная индукция (**B_R**) магнитного материала, из которого изготовлен сердечник трансформатора, а также индукция в определенном состоянии (**B**), при которой работает магнитный сердечник. Важными также являются размеры катушки трансформатора (**S,L**), частота питающего напряжения (**f**) и число обмоток (**z**). Индексы (**z,w**) в формулах (2,3,4) относятся к внешней (**z**) либо внутренней (**w**) обмотке трансформатора [5].

Литература:

[1] Norma PN-EN 61558-1 – „Bezpieczeństwo transformatorów mocy, jednostek zasilających i podobnych. Ogólne wymagania i badania.”

[2] Norma PN-EN 61558-2-15 – „Bezpieczeństwo transformatorów mocy, jednostek zasilających i podobnych. Szczegółowe wymagania dotyczące transformatorów separacyjnych do zasilania pomieszczeń medycznych”

[3] Norma IEC 60364-7-710 – „Electrical installations of buildings. Requirements for special installations or locations – medical locations.”

[4] Norma PN-IEC 61557-8 – „Medyczne urządzenia elektryczne. Ogólne wymagania bezpieczeństwa”

[5] „Parametry elektromagnetyczne oraz analiza stanów nieustalonych transformatorów małej mocy” – Politechnika Opolska, praca magisterska, Jasiński Leszek, Machnik Mirosław

[6] S. Skorupski, M. Łukiewski ; Napędy i Sterowanie 6/2001; s.45

[7] S. Skorupski, M. Łukiewski ; Napędy i Sterowanie 5/2001; s.38