

Автотрансформаторы

Мы продолжаем публикацию серии статей ООО «Оптим» о продукции известной польской фирмы ELHAND TRANSFORMATORY (начало в №12 от 27.12.2002 г.)



Автотрансформатор является особым видом трансформатора, в котором объединены первичная и вторичные обмотки без гальванической развязки контуров. Фирма ELHAND TRANSFORMATORY производит одно- и трехфазные автотрансформаторы типа EA1, EA3, а также пусковые автотрансформаторы типа EA3R. Внешний вид трехфазного автотрансформатора EA3 изображен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид автотрансформатора EA3

Автотрансформаторы.

Свойства и применение

Если на первичную обмотку автотрансформатора с количеством витков Z_1 подать напряжение U_1 , то на вторичной обмотке трансформатора с количеством витков Z_2 получим напряжение U_2 соответственно коэффициенту:

$$\vartheta = \frac{U_1}{U_2} = \frac{Z_1}{Z_2}$$

где:

ϑ — коэффициент передачи автотрансформатора;
 U_1, U_2 — первичное и вторичное напряжения;
 Z_1, Z_2 — количество витков первичной и вторичной обмоток.

В трансформаторе мощность передается с первичной обмотки на вторичную посредством магнитного поля. Передаче энергии в автотрансформаторе сопутствуют явления трансформации и проводимости. Проводимость является результатом непосредственного объединения вторичной и первичной обмоток автотрансформатора.

Чтобы точно описать работу автотрансформатора, его расчетная передаваемая мощность представлена с помощью следующих соотношений:

$$S_{WA} = (U_1 - U_2)I_1 = S_{PRZECH} \left(1 - \frac{1}{\vartheta}\right)$$

где S_{WA} — собственная мощность автотрансформатора, передаваемая во вторичную обмотку только путем трансформации,

$$S_{PA} = U_{21} \cdot I = S_{PRZECH} \frac{1}{\vartheta}$$

где S_{PA} — передаточная мощность автотрансформатора, передаваемая во вторичную обмотку путем проводимости.

Сумма собственной и передаточной мощностей дают мощность передачи, которая является выходной мощностью автотрансформатора:

$$S_{PRZECH} = U_1 \cdot I_1 \approx U_2 \cdot I_2$$

Размеры автотрансформатора зависят от его собственной мощности, передаваемой путем трансформации. Из сравнения трансформатора и автотрансформатора с одинаковыми мощностями передачи следует, что автотрансформатор имеет собственную мощность меньше:

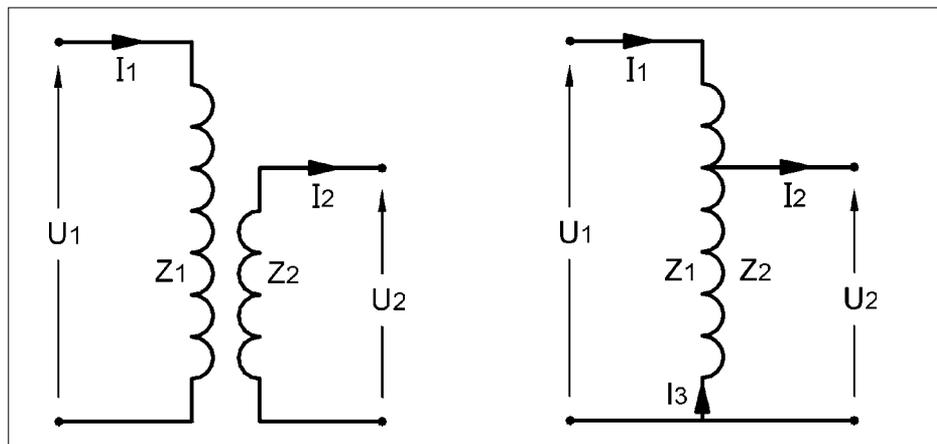


Рис. 2. Схема трансформатора и автотрансформатора

$$S_{WT} = U_1 \cdot I_1 \approx U_2 \cdot I_2 = S_{PRZECH}$$

$$S_{WA} = (U_1 - U_2) I_1 = S_{PRZECH} \left(1 - \frac{1}{\vartheta}\right)$$

$$\frac{m_A}{m_T} \approx \left(1 - \frac{1}{\vartheta}\right)^3$$

где:

S_{PRZECH} — мощность передачи (выходная) автотрансформатора;

S_{WT} — собственная мощность трансформатора;

I_1, I_2 — первичная и вторичная сила тока автотрансформатора;

m_A, m_T — масса соответственно автотрансформатора и трансформатора.

Сила тока I_3 в общей части обмотки автотрансформатора, по сравнению с токами I_1 и I_2 невелика. Следовательно, сечение провода этой части обмотки может быть уменьшено, что приводит к уменьшению габаритов автотрансформатора.

Меньшее количество железа и меди уменьшает потерю энергии, что повышает надежность и КПД автотрансформатора.

Автотрансформаторам присущи два основных недостатка. Первый — это гальваническое объединение первичного и вторичного контуров автотрансформатора, приводящее к тому, что любые помехи или скачки напряжения передаются путем проводимости непосредственно во вторичную обмотку. Недостатком также является низкое напряжение короткого замыкания автотрансформатора по сравнению с трансформатором:

$$\frac{U_{ZA}}{U_{ZT}} = \left(1 - \frac{1}{\vartheta}\right)$$

где U_{ZA}, U_{ZT} — напряжения короткого замыкания соответственно автотрансформатора и трансформатора.

Снижение напряжения короткого замыкания вызвано значительно меньшим электрическим сопротивлением

обмоток автотрансформатора по сравнению с трансформатором.

Автотрансформаторы применяются в электроэнергетических системах для объединения сетей с различными уровнями напряжений, в системах запуска мощных асинхронных двигателей, в лабораториях — всюду, где допустимо отсутствие гальванической развязки первичной и вторичной обмоток, а также там, где выгода меньших потерь и массы превышает издержки, связанные с ограничением тока короткого замыкания.

Запуск индукционных двигателей с помощью стартерного автотрансформатора типа EA3R

Одним из способов запуска асинхронных двигателей является запуск при питании пониженным напряжением. Напряжения снижают для ограничения пускового тока. Метод запуска с помощью пускового автотрансформатора используют, в частности, в приводах большой мощности, где переключение со звезды на треугольник обмотки статора технически затруднено.

Автотрансформаторный запуск принципиально подобен пуску с переключением «звезда-треугольник». Однако в случае автотрансформатора можно произвольно снизить напряжение во время запуска двигателя таким образом, чтобы сила тока, потребляемого из сети электроснабжения, не превысила заданного значения.

В случае необходимости пусковые автотрансформаторы выполняются с несколькими выводами.

Во время запуска двигателя от сети электроснабжения с напряжением U через автотрансформатор с коэффициентом передачи ϑ напряжение в обмотке статора U_{RS} составляет:

$$U_{RS} = \frac{1}{\vartheta} \cdot U$$

Тогда ток обмотки двигателя I_{RS} равен вторичному току автотрансформатора I_2 и достигает значения:

$$I_{RS} = I_2 = \frac{1}{\vartheta} \cdot I_P$$

где U — напряжение питающей сети, I_P — начальный ток запуска при питании двигателя номинальным напряжением.

Начальная сила тока автотрансформатора I_1 , то есть тока питающей сети, во время запуска достигает величины:

$$I_1 = \frac{1}{\vartheta} \cdot I_2 = \frac{1}{\vartheta^2} \cdot I_P$$

При подборе коэффициента передачи автотрансформатора всегда следует убедиться, что момент, развива-

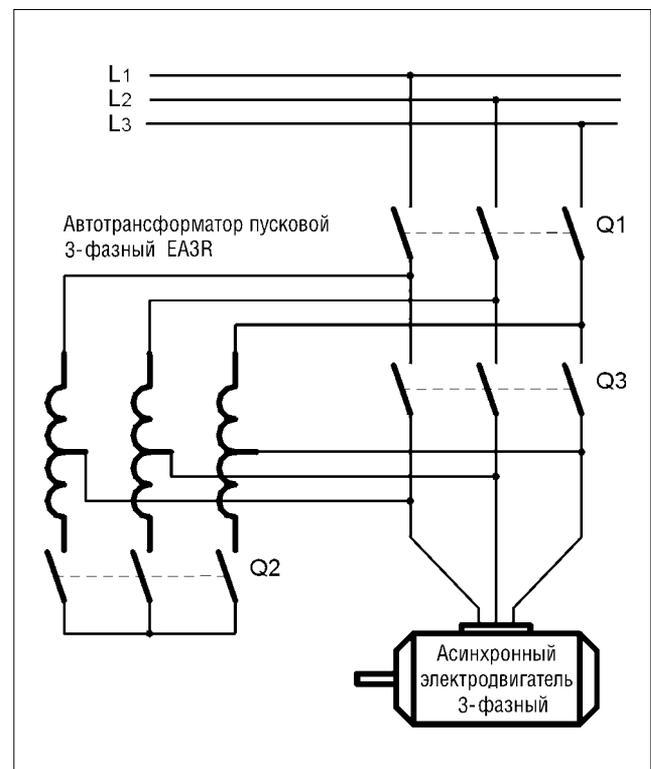


Рис.3. Схема запуска асинхронного двигателя с пусковым автотрансформатором типа EA3R

емый двигателем при пониженном напряжении, больше момента сопротивления запускаемого механизма.

Начальный момент двигателя M_{PR} при питании через автотрансформатор и снижении напряжения до величины U_{RS} составляет:

$$M_{PR} = \frac{1}{\vartheta^2} \cdot M_P$$

где M_P – начальный момент, развиваемый устройством при номинальном напряжении.

Из представленных зависимостей следует, что начальный момент, развиваемый устройством, уменьшается пропорционально силе тока, потребляемого из сети.

Схема Корндорфера, представленная на рис. 3, часто применяется в качестве решения при запуске асинхронных двигателей. Запуск происходит в два этапа, без провалов напряжения.

Сначала запуск двигателя осуществляется через автотрансформатор питанием низким напряжением. Ток запуска ограничивается соответственно подобранным коэффициентом передачи автотрансформатора.

На втором этапе, после размыкания переключателя Q2, двигатель питается от сети через последовательно включенные индуктивные части обмоток автотрансформатора. Эти обмотки играют роль сетевых дросселей, ограничивающих ток запуска.

После достижения двигателем соответствующей скорости вращения, замыкая переключатель Q3, питаем двигатель номинальным напряжением непосредственно от сети.

Использование автотрансформаторов совместно с преобразователем частоты

Автотрансформаторная схема согласования напряжения нагрузки с выходным напряжением преобразователя частоты (ПЧ) изображена на рис. 4.

Подобная схема может быть применена в том случае, если не требуется гальванической развязки между преобразователем частоты и нагрузкой. Автотрансформатор в этой схеме включения выполняет еще и функцию моторного дросселя. С экономической точки зрения такой вариант может оказаться существенно более привлекательным по сравнению с трансформаторным вариантом и, кроме того, такой вариант согласования ПЧ с нагрузкой имеет меньшие массу и габаритные размеры.

Литература:

1. Мизя Вл. Трансформаторы. WPSI Гливице, 1996.
2. Мизя Вл. Трансформаторы, примеры расчетов. WPSI Гливице, 1999.
3. Мизя Вл. Электромагнитные параметры энергетических автотрансформаторов. Научные Тетради Политехники Слэн-

скей, серия Электрика пг 138.

4. Пламтзер А.М.

Электрическое оборудование. WNT Варшава, 1986.



Мирослав Лукевски,
инженер-конструктор фирмы
ELHAND TRANSFORMATORY
Игорь Морозов,
кандидат технических наук,
директор ООО «Оптима»

ELHAND TRANSFORMATORY
PL 42-700 Lubliniec, ul. PCK 22
Тел.: +48 (34) 353 17 10
(34) 351 32 20
Факс: +48 (34) 356 40 03
e-mail: info@elhand.com.pl
http://www.elhand.com.pl

Исключительный
представитель фирмы
ELHAND TRANSFORMATORY
(Польша) на территории
Республики Беларусь
и Российской Федерации,
официальный дистрибьютор фирмы
TOSHIBA ООО «Оптима»:
Ленина, 45а, оф. 201-204,
г. Светлогорск, Гомельская обл.,
Республика Беларусь, 247400,
Т./ф.: +375 (0) 2342 4-60-00, 4-12-79
Бюро в г. Минске:
моб. тел. 8 (029) 665-89-03
optima@mail.gomel.by,
www.optima.by

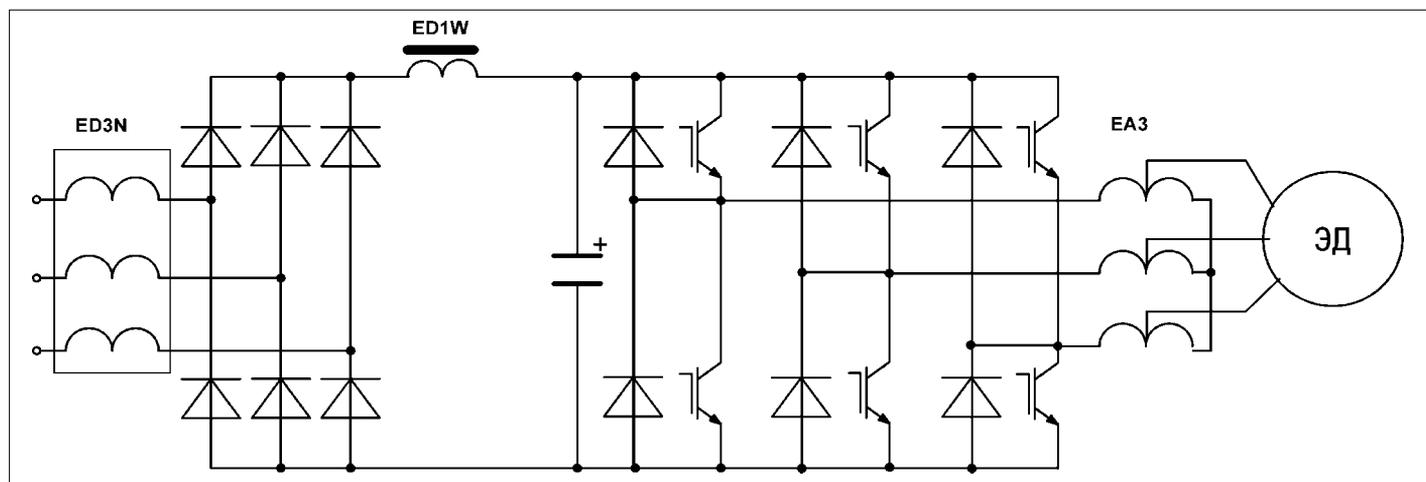


Рис. 4. Схема согласования напряжения нагрузки и выходного напряжения ПЧ посредством автотрансформатора (ED3N – сетевой дроссель; ED1W – сглаживающий дроссель; EA3 – согласующий автотрансформатор)