

АВТОТРАНСФОРМАТОРЫ

Мирослав Лукевски¹

¹ ELHAND TRANSFORMATORY,
e-mail: m.lukiewski@elhand.com.pl

Автотрансформатор является особым видом трансформаторов, в котором объединены первичные и вторичные обмотки без гальванической развязки контуров.

Фирма ELHAND TRANSFORMATORY производит одно- и трехфазные автотрансформаторы типа EA1, EA3, а также стартерные автотрансформаторы типа EA3R

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:

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

где J - коэффициент передачи автотрансформатора, U_1, U_2 - первичное и вторичное напряжения, Z_1, Z_2 - количество витков первичной и вторичной обмоток.

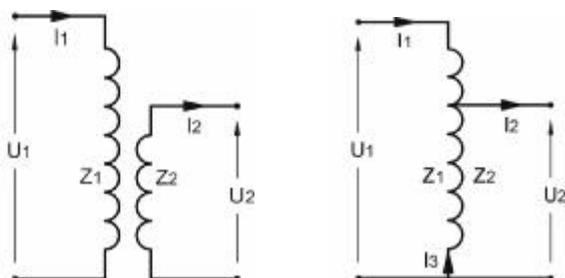


Рис.1 Схемы трансформатора и автотрансформатора.

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.

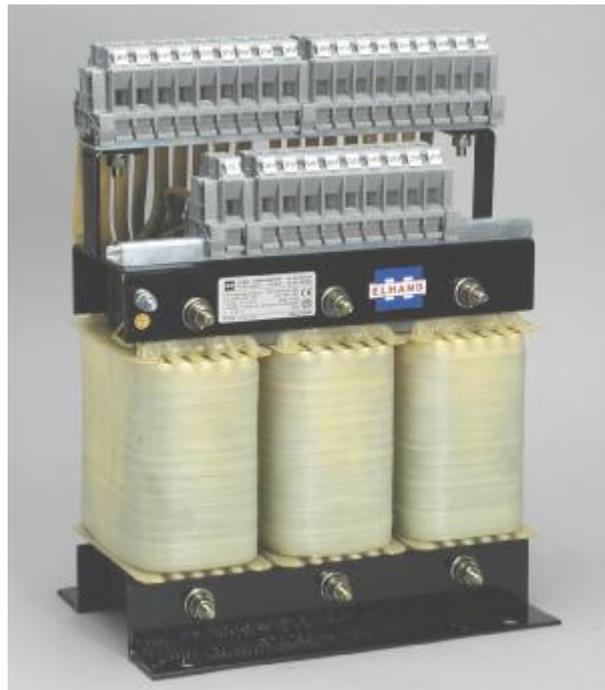


Рис.2 Трехфазный автотрансформатор типа EA3.

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

- Собственная мощность S_{WA} автотрансформатора, передаваемая во вторичную обмотку только путем трансформации

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

- § Передаточная мощность S_{PA} автотрансформатора, передаваемая во вторичную обмотку путем проводимости

$$S_{PA} = U_2 \cdot I_1 = S_{PRZECH} \frac{1}{J}$$

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, а значит он легче:

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

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

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

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 невелика, по сравнению с токами I_1 и I_2 . Следовательно сечение этой части обмотки может быть уменьшено, что приводит к значительной экономии.

Меньшие количества железа и меди, используемые для создания оборудования, способствуют меньшим потерям, а также повышению работоспособности автотрансформатора.

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

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

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 индукционных 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 низким напряжением. Напряжение снижают, чтобы ограничить стартерный ток. Метод запуска с помощью стартерного автотрансформатора используют в частности в приводах большой мощности, где переключение со звезды в треугольник обмотки статора технически затруднено.



Рис.3 Трехфазный стартерный автотрансформатор типа EA3R.

Автотрансформаторный запуск принципиально подобен зажиганию с переключателем звезда-треугольник. Однако

ELHAND TRANSFORMATORY

в случае автотрансформатора можно произвольно снизить напряжение во время запуска двигателя таким образом, чтобы сила тока из сети не превысила заданного значения.

В случае необходимости стартерные автотрансформаторы выполняются с несколькими выводами.

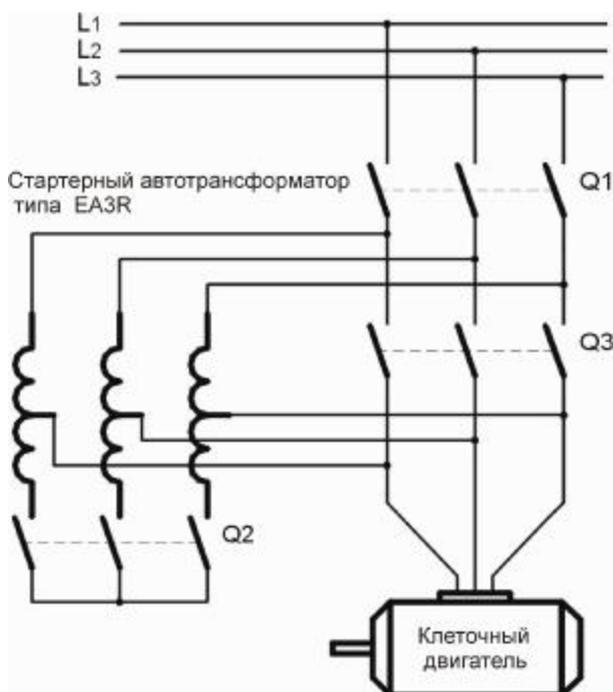


Рис.4 Схема запуска индукционного двигателя со стартерным автотрансформатором типа EA3R.

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

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

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

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

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:

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

При подборе коэффициента передачи автотрансформатора следует всегда убедиться, что момент, развиваемый двигателем при обниженном напряжении, больше момента противодействия запускаемого механизма.

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

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

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

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

Схема Корндорфера, представленная на Рис.4, 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 запитывается от сети через последовательно включенные индуктивности части обмоток автотрансформатора. Эти обмотки играют роль дросселей, ограничивающих ток запуска.

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

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 Слёнской
серия Электрика nr 138
- [4] Пламитзер А.М.
Электрическое оборудование. WNT Варшава
1986