

ресурс лабораторных стендов и электроэнергии.

УДК 621.3

### **Влияние многопульсных трёхфазных выпрямителей на питающую сеть**

Гавриленко С.Д., Жорова М.И.

Белорусский национальный технический университет

Существенное влияние на трехфазную сеть электроснабжения оказывают мощные потребители электроэнергии, обеспечиваемые постоянным током от неуправляемых и управляемых выпрямителей. Такая нагрузка может считаться чисто индуктивной, так как активное сопротивление нагрузки  $R_n$  во много раз меньше индуктивного  $X_n = L_n \cdot \omega_n$ , где  $L_n$  – индуктивность нагрузки;  $\omega_n$  – угловая частота пульсации напряжения в нагрузке, зависящая от схемы выпрямителя. Для исследования состава генерируемых гармоник потребляемого тока применялась программа MathCad. При этом импульсы потребляемого выпрямителями тока с учётом индуктивного характера мощной нагрузки считались идеально сглаженными. Их длительность  $t_n$  и длительность паузы  $t_p$  зависела от схемы выпрямителя и величины угла управления  $\alpha$ .

Для трёхфазного мостового выпрямителя, являющегося шестипульсным, при угле управления  $\alpha = 0^\circ$  доли высших гармоник по отношению к 1-ой полезной гармонике соответствовали известному соотношению  $1/\nu$ , где  $\nu$  – номер гармоники. При этом отсутствовали гармоники, кратные трём, т.е. 3-я, 9-я, 15-я, 21 и т.д. Отсутствие этих гармоник является одним из основных достоинств данного выпрямителя, широко применяемого для обеспечения постоянным током мощных потребителей электроэнергии. Однако при углах управления, отличных от нуля, эти гармоники присутствуют и при угле управления  $\alpha = 60^\circ$  достигают больших величин: 3-я – 67,1%; 9-я – 22,4%; 15-я – 13,4%; 21-я – 9,6% по отношению к полезной первой на частоте 50 Гц. В этом случае данный выпрямитель теряет одно из своих основных достоинств, что необходимо учитывать при защите питающей сети. Сетевые фильтры должны быть настроены на частоты гармоник до 21-й включительно. Максимальное значение угла управления по возможности следует ограничивать значением  $\alpha = 60^\circ$ .

Исследовался гармонический состав импульсов потребляемого тока для двенадцатипульсных неуправляемых выпрямителей. Доли высших гармоник в процентах для таких выпрямителей оказались незначительными: 3-я – 0%; 5-я – 5,3%; 7-я – 7,7%; 9-я – 0%; 11-я – 9,0%; 13-я – 7,7%; 15-я – 0%; 17-я – 1,5%; 19-я – 1,4%; 21-я – 0%; 25-я – 4%. В данном случае необходи-

мости в применении сетевых фильтров нет.

УДК 621.317

### **Обоснование усовершенствованного метода амперметра-вольтметра свойством взаимности**

Куцыло А.В.

Белорусский национальный технический университет

Метод амперметра-вольтметра применяется для измерения электрического сопротивления при постоянном токе и полного сопротивления при синусоидальном токе. Метод основан на определении сопротивления как отношения напряжения к току на участке электрической цепи, не содержащем источников электродвижущей силы. При измерении электрического сопротивления напряжение и ток должны быть постоянными, а при измерении полного сопротивления – синусоидальными. В учебной и справочной литературе приводятся две схемы метода. Одна из схем (с последовательным соединением амперметра и объекта измерений) используется при измерении относительно больших сопротивлений, а другая (с подключением вольтметра параллельно объекту измерений) – при измерении относительно малых. Недостатком метода является влияние входного сопротивления амперметра или вольтметра, в зависимости от схемы, на результат измерений. В работе [1] рассматривается усовершенствованный метод амперметра-вольтметра для схемы измерения относительно малых сопротивлений. Усовершенствование метода заключается в дополнительном измерении тока при подключении вольтметра параллельно амперметру и в использовании для определения сопротивления именно этого значения тока, а также напряжения, полученного в исходной схеме. Автором работы [1] приведены выражения, доказывающие, что при этом влияние входного сопротивления вольтметра на результат измерений отсутствует. Однако эти выражения не раскрывают идею усовершенствованного метода.

Выполненный анализ усовершенствованного метода амперметра-вольтметра показывает, что основой этого метода является известное из теоретических основ электротехники свойство взаимности линейных электрических цепей. Переключение вольтметра параллельно амперметру фактически означает перенос источника ЭДС (понимаемого как идеальный) из ветви с амперметром в ветвь объекта измерений, при этом ток через амперметр равен току объекта измерений в исходной схеме, что и исключает влияние входного сопротивления вольтметра.

#### Литература:

1. Ольшовец, П. Модификация косвенных методов определения пара-