

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАНИЯ И ПЛАВЛЕНИЯ ПРОВОДНИКОВ КВАЗИЛИНЕЙНЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ РОТОРОВ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Сопильняк И.В., магистрант; Кривич Е.А., с.н.с.

(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, УкрНИИВЭ, Украина)

Одним из важнейших элементов асинхронных двигателей взрывозащищенного исполнения является короткозамкнутая обмотка ротора. Наибольшее распространение имеют подобные обмотки из меди или алюминия. Основным способом изготовления, который широко используется в практике УкрНИИВЭ и заводов-изготовителей асинхронных двигателей Украины, является заливка предварительно разогретого сердечника ротора расплавленным металлом будущей обмотки [1,2]. Для равномерного по объему нагревания сердечника ротора и для ускоренного плавления металла его обмотки перед заливкой применяется известный индукционный метод [3, с. 7], который также получил широкое распространение в практике УкрНИИВЭ и заводов.

Целью работы является расчетно-теоретическое обоснование, замены дорогостоящей резонансной системы питания индукторов печи и решение вопроса управляемости распределением наведенного тока в ее загрузке.

Рассмотрим возможность осуществления знакопеременных колебаний магнитного поля в индукторе печи с загрузкой без резонансных конденсаторов, с рекуперацией периодически накапливаемой индуктивностью индуктора энергии в источник постоянного напряжения. Затем рассмотрим распределение тока в материале загрузки и возможность управления им в квазилинейном режиме работы индукционной печи. Анализ проводим применительно к схеме, представленной на рисунке 1.

Для определенности сделаем следующие допущения:

а) все элементы коммутации и соединительные проводники между индуктором печи и источниками постоянного напряжения и непосредственно индуктора не содержат активных сопротивлений в режиме пропускания тока;

б) источники 1 и 2 с постоянным напряжением соответственно $+U$ и $-U$ являются идеальными и имеющими возможность подзаряжаться, например, аккумуляторами.

С учетом этих допущений рассмотрим работу схемы (см. рисунок 1). Принимаем, что в начальный момент времени на индуктор от источника 1 подано напряжение $+U = const$. Через индуктивность L потечет ток $I_{инд}$, скорость изменения которого согласно [4, с. 58; 5, с. 86]:

$$\frac{dI_{инд}}{dt} = \frac{U_{инд}}{L} = \frac{+U}{L} \equiv \frac{d\Phi_{инд}}{dt} \equiv \frac{dB_{инд}}{dt},$$

где $I_{\omega, \vartheta}$ – ток, протекающий по обмотке индуктора;

$U_{\omega, \vartheta} = U = const$ – поданное на индуктор напряжение источника 1;

$L = const$ – индуктивность индуктора печи с загрузкой;

$B_{\omega, \vartheta}$ – индукция магнитного поля в индукторе с загрузкой;

$\Phi_{\omega, \vartheta}$ – магнитный поток индуктора.



Рисунок 1 – Устройство для индукционного нагрева квазилинейным магнитным полем

Таким образом, ток $I_{\omega, \vartheta}$ и индукция магнитного поля $B_{\omega, \vartheta}$ в индукторе увеличивается с постоянной скоростью по линейному закону (рисунок 2). По окончании отрезка времени T , когда ток и индукция магнитного поля достигнут требуемых наибольших значений I_{max} и B_{max} , а накопленная в индуктивности L энергия станет равной $W = \frac{I_{max}^2 \cdot L}{2}$, подадим на индуктор от источника 2 напряжение $U_{\omega, \vartheta} = -U$, т.е. скачкообразно изменим его с $+U$ на $-U$. После изменения полярности напряжения ток $I_{\omega, \vartheta}$ и индукция $B_{\omega, \vartheta}$ по закону сохранения энергии, не изменяя знаков и направлений движения, начнут уменьшаться до нуля, с постоянной скоростью $\frac{dI_{\omega, \vartheta}}{dt} = -\frac{U}{L} = -\frac{dB_{\omega, \vartheta}}{dt}$, отдавая энергию, ранее накопленную в индуктивность L от источника 1 источнику 2.

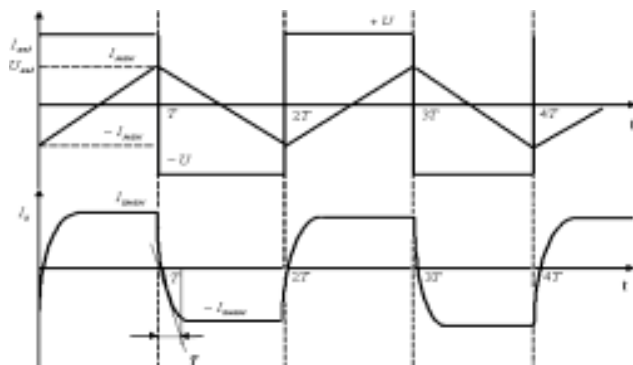


Рисунок 2 – Временные диаграммы

После того, как ток в индукторе достигнет нулевого значения и энергия в индуктивности L иссякнет, за счет энергии источника постоянного напряжения 2 в индуктивности L с той же скоростью $\frac{dI_{\omega, \vartheta}}{dt} = -\frac{U}{L}$ начнет по модулю увеличиваться ток $I_{\omega, \vartheta}$ и индукция $B_{\omega, \vartheta}$, но со знаком минус. Они также будут изменять-

ся до требуемого наибольшего значения $-I_{\text{max}} (-B_{\text{max}})$, потребляя энергию из источника 2 до тех пор, пока она не достигнет значения $\mu_0 \frac{(-I_{\text{max}})^2 \cdot L}{2} - \frac{I_{\text{max}}^2 \cdot L}{2}$.

Переключим источники и снова подадим на индуктор напряжение $+U$. В этом случае ток (индукция поля) за счет накопленной в индуктивности L энергии, сохраняя свое направление, потечет через источник 1, изменяясь по линейному закону до нуля со скоростью $\frac{dI_{\text{max}}}{dt} = \frac{U}{L}$, подзаряжая источник 1 за счет энергии, ранее накопленной от источника 2. Таким образом, переключая ключ 3 в моменты, когда ток будет достигать наибольших и равных по модулю значений, будем возбуждать вынужденные колебания магнитного поля в индукторе с постоянной скоростью $\frac{dB_{\text{max}}}{dt} = \frac{U}{L}$ на участке времени от 0 до T и скоростью $\frac{dB_{\text{max}}}{dt} = -\frac{U}{L}$ от T до $2T$ и т.д. Отсюда вынужденные знакопеременные колебания тока и индукции в индукторе возможны без применения резонансных конденсаторов, с рекуперацией реактивной энергии, накапливаемой в индуктивности индуктора печи, в питающие источники постоянного напряжения.

Выводы:

1. Наряду с синусоидальным возможен квазилинейный режим работы индукционной печи, при котором магнитное поле индуктора меняется с постоянной скоростью в течение полупериода колебаний, а ток более равномерно распределен по объему загрузки.

2. Квазилинейный режим работы индукционной печи позволяет отказаться от резонансных конденсаторов, что дает значительную экономическую выгоду и повышает надежность печи в целом.

3. В этом режиме возможен возврат (рекуперация) энергии, периодически накапливаемой в индукторе индукционной печи, обратно в питающие источники постоянного напряжения для последующего использования.

4. Изменяя напряжение источников питания, можно регулировать скорость изменения магнитного поля, а, следовательно, и плотность тока, индуцируемого в загрузке печи.

Перечень ссылок

1. Чувашев В.А., Железняков А.В. и др. Двигатели с литой медной клеткой ротора для привода безштанговых насосов. Тезисы докладов II Международной конференции по электромеханике и электротехнике. МКЭЭ-96. Крым, 1996.

2. А.С.СССР № 1072344А, В22Д19/00.10.01.80 г. Чувашев В.А. и др. Способ изготовления литых короткозамкнутых обмоток роторов электродвигателей.

3. Егоров А.В., Моржин А.Ф. Электрические печи – М: Металлургия. 1975. - 351 с.

4. Кублановский Я.С. Переходные процессы.- М.: Энергия, 1971. - 88 с.

5. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники.- М.: Высшая школа, 1973. -750 с.