

文章编号: 1005-0523(2000) 04-0063-03

单相交流电路中的功率计算问题

刘福之

(华东交通大学基础科学学院, 江西南昌 330013)

摘要: 由于谐波和无功功率的补偿问题, 对功率理论提出了新的要求^[1]。正确的计算电路中的各种功率成分, 需要有明确的物理概念, 正确的计算方法^[2]。本文就这两个方面对单相交流电路中的功率问题进行了讨论, 作为进一步研究三相电路功率的基础^[3]。

关键词: 交流电路; 功率; 计算方法

中图分类号: TM 131.4

文献标识码: A

0 引言

近年来, 为了对电网中的谐波和无功功率进行补偿, 功率理论成为人们关注的课题^[1]。日本学者赤木泰文等人提出了瞬时无功功率的理论后, 国内许多学者先后发表了许多论文, 讨论瞬时功率理论问题^[2]。本文就单相交流电路中功率的计算方法作一探讨, 为研究交流电路中各种功率成份的定义和三相交流电路中的瞬时功率作一个基础^[3]。

1 交流电功率的解析分析

设电路中电压和电流分别为

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

$$i = I_m \sin(\omega t + \psi) \quad (2)$$

电路中的瞬时功率

$$\begin{aligned} P(t) &= ui = U_m I_m \sin^2(\omega t + \varphi) \sin(\omega t + \psi) \\ &= \frac{1}{2} U_m I_m [\cos(\varphi - \psi) (1 - \cos 2(\omega t + \varphi)) + \sin(\varphi - \psi) \sin 2(\omega t + \varphi)] \\ &= p + q \end{aligned} \quad (3)$$

式中:

$$p = UI \cos(\varphi - \psi) [1 - \cos 2(\omega t + \varphi)] \quad (4)$$

$$q = UI \sin(\varphi - \psi) \sin 2(\omega t + \varphi) \quad (5)$$

U 和 I 为电压和电流的有效值^[3]

由(4)式可见 $p > 0$, 如果电路中电压和电流稳定不变, 它的最大值和平均值相等, 即为传

收稿日期: 2000-06-30; 修订日期: 2000-08-20

作者简介: 刘福之(1943-), 男, 江西丰城人, 华东交通大学副教授^[3]

统功率理论中的有功功率;如果电压或是电流变化,(4)式可以反映任一时刻瞬时有功功率^[13]

由(5)式可知, q 的正负随时间改变,它反映电源和负载间能量的交换, q 在一个周期内的平均值等于0, q 为瞬时无功功率,它的最大值就是传统功率理论中的无功功率^[13]

由(3)式可以看出,电路中的瞬时功率是瞬时有功功率和瞬时无功功率的和^[13]

$$p(t) = p + q \quad (6)$$

2 旋转矢量法分析

电压和电流由(1)式和(2)式表示,电压和电流的旋转矢量如图1所示^[13]

电流矢量可以分解为与电压同方向,且与电压同位相的瞬时有功电流和垂直电压方向且与电压位相差 $\pi/2$ 的瞬时无功电流^[13]

$$i_p = I_m \cos(\varphi - \varphi_l) \sin(\omega t + \varphi_l) \quad (7)$$

$$i_q = I_m \sin(\varphi - \varphi_l) \cos(\omega t + \varphi_l) \quad (8)$$

(7)式和(8)式表示两个位相差 $\pi/2$ 的电流^[13]由旋转矢量的概念可知,瞬时电流是这两个电流的合成^[13]

$$i = i_p + i_q = I_m \sin(\omega t + \varphi) \quad (9)$$

由(7)式(8)式可以求出瞬时有功功率和瞬时无功功率

$$\begin{aligned} p &= i_p u = U_m I_m \cos(\varphi - \varphi_l) \sin^2(\omega t + \varphi_l) \\ &= UI \cos(\varphi - \varphi_l) [1 - \cos 2(\omega t + \varphi_l)] \end{aligned} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} q &= i_q u = U_m I_m \sin(\varphi - \varphi_l) \cos(\omega t + \varphi_l) \sin(\omega t + \varphi_l) \\ &= UI \sin(\varphi - \varphi_l) \sin 2(\omega t + \varphi_l) \end{aligned} \quad (11)$$

显然(10)式和(11)式的和即为电路中的瞬时功率^[13]

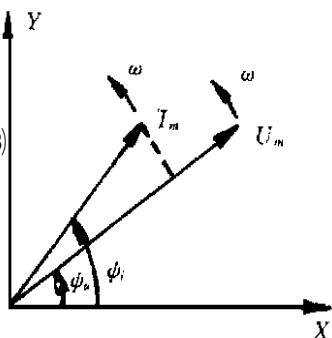


图1 电压和电流的旋转矢量

3 直角坐标系中功率的计算

在直角坐标系中电压和电流如图2所示,由垂直振动的合成可知电压可以表示成两个垂直的分量^[13]

$$\left. \begin{aligned} u_x &= U_m \cos \varphi_l \sin(\omega t + \varphi_l) \\ u_y &= U_m \sin \varphi_l \sin(\omega t + \varphi_l) \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

电流与电压同方向且与电压同位相的瞬时有功电流的2个分量可写作

$$\left. \begin{aligned} i_{p_x} &= I_m \cos(\varphi - \varphi_l) \cos \varphi_l \sin(\omega t + \varphi_l) \\ i_{p_y} &= I_m \cos(\varphi - \varphi_l) \sin \varphi_l \sin(\omega t + \varphi_l) \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

电流与电压垂直且与电压位相差 $\pi/2$ 的瞬时无功电流的两个分量可写作

$$\left. \begin{aligned} i_{q_x} &= I_m \sin(\varphi - \varphi_l) \cos \varphi_l \cos(\omega t + \varphi_l) \\ i_{q_y} &= I_m \sin(\varphi - \varphi_l) \sin \varphi_l \cos(\omega t + \varphi_l) \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

由(12)~(14)式可以求得瞬时有功功率和瞬时无功功率

$$p = i_{p_x} u_x + i_{p_y} u_y = UI \cos(\Phi - \varphi) [1 - \cos 2(\omega t + \Phi)] \quad (15)$$

$$q = i_{q_x} u_x + i_{q_y} u_y = UI \sin(\Phi - \varphi) \sin 2(\omega t + \Phi) \quad (16)$$

显然(15)式、(16)式的和为电路中的瞬时功率^[3]

$$p(t) = p + q$$

通过以上分析可以看出,无论采用哪种分析方法,电流中和电压同方向且同位相的电流分量为瞬时有功电流,它和电压形成瞬时有功功率^[3]和电压垂直且位相差 $\pi/2$ 的电流分量为瞬时无功分量,它和电压形成瞬时无功功率,瞬时电流为有功电流和瞬时无功电流的和^[3]采用不同的坐标系,只是用的数学方法不同^[3]

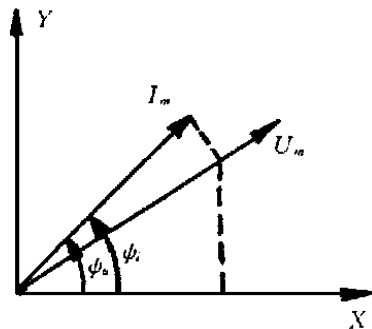


图2 直角坐标系中的电压和电流

[参 考 文 献]

- [1] 刘进军,王兆安¹⁹基于旋转空间矢量分析瞬时无功功率理论及其应用[J]¹⁹电工技术学报,1999,14(1):49~54¹⁹.
- [2] 张代润¹⁹单相交流电路中的功率成分[J]¹⁹电工技术学报,1998,13(2):53~56¹⁹.
- [3] 刘进军,王兆安¹⁹瞬时无功功率与传统功率理论的统一数学描述及物理意义[J]¹⁹电工技术学报,1998,13(6):6~12¹⁹.
- [4] 西安交通大学电工基础教研室¹⁹电工基础[M]¹⁹西安交通大学教材科,1964¹⁹.
- [5] 程守洙,江之永¹⁹普通物理学[M]¹⁹上海:人民教育出版社,1979¹⁹.

Calculating Problems in Single-Phase AC Circuit Powers

LIU Fu-zhi

(School of natural Science, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: As the problems of harmonice and reactive power occur, new requirement of power theory puts forward. To calculate all kinds of powers in circuit precisely needs clear physical concepts, and correct calculating methods. This article discusses the calculating problems of power in view of the aspects which will be the basis of further research to three-phase circuit power.

Key words: power component AC circuit; power; calculating mehtods