



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106899018 B

(45) 授权公告日 2021.06.15

(21) 申请号 201611069073.1

US 2004090212 A1,2004.05.13

(22) 申请日 2016.11.28

EP 0742631 A2,1996.11.13

(65) 同一申请的已公布的文献号

JP S6223325 A,1987.01.31

申请公布号 CN 106899018 A

US 5737198 A,1998.04.07

(43) 申请公布日 2017.06.27

US 5659464 A,1997.08.19

(30) 优先权数据

CN 104333002 A,2015.02.04

1561664 2015.12.01 FR

CN 201758284 U,2011.03.09

(73) 专利权人 施耐德电器工业公司

CN 202395486 U,2012.08.22

地址 法国吕埃-马迈松

V. Cascone, et al. "Design of active filters for dynamic damping of harmonic currents generated by asynchronous drives in modern high power locomotives". 《PESC '92 Record. 23rd Annual IEEE Power Electronics Specialists Conference》. 1992, Abdelmadjid Chaoui, et al. "DPC controlled three-phase active filter for power quality improvement". 《International Journal of Electrical Power & Energy Systems》. 2008, 第30卷 (第8期), 董伟杰, 等. "基于 PI 神经网络的三相四开关电力有源滤波器研究". 《中国电机工程学报》. 2014, 第34卷 (第24期),

(72) 发明人 R. 弗兰基诺

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 励晓林

(51) Int. Cl.

H02J 3/01 (2006.01)

(56) 对比文件

EP 0669702 A2, 1995.08.30

CN 1477770 A, 2004.02.25

DE 4406402 C1, 1995.04.20

US 6984962 B2, 2006.01.10

US 7173349 B2, 2007.02.06

审查员 李邱

权利要求书1页 说明书5页 附图2页

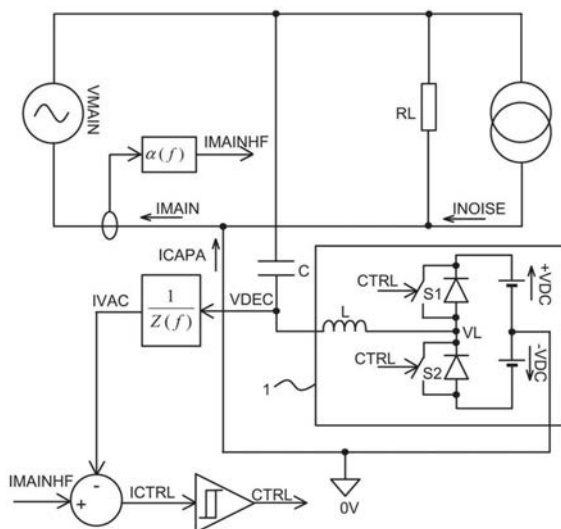
(54) 发明名称

有源滤波系统

(57) 摘要

本发明涉及一种有源滤波系统,其被设计为与供电网络并联连接,所述供电网络提供包括干扰电流的主电源电流 (IMAIN),所述系统包括:-至少一个电容器 (C),-包括电源的受控电流生成器,意图生成正确电压 (+VDC) 或负确定电压 (-VDC) 并且与电容器串联连接,-用于控制所述受控电流生成器 (1) 的设备,被设计为生成要施加到主电流的补偿电流 (ICAPA),以便补偿所述干扰电流 (INOISE),同时将在电流生成器 (1) 与所述电容器之间的连接点测量的解耦电流 (VDEC) 保持在适于使得所述电流生成器不饱和的值。

CN 106899018 B



1. 一种有源滤波系统,其被设计为与供电网络并联连接,所述供电网络提供包括干扰电流的主电源电流 (IMAIN),所述系统的特征在于,其包括:

-至少一个电容器 (C),

-包括电源的受控电流生成器 (1),意图生成正确定电压 (+VDC) 或负确定电压 (-VDC) 并且与所述电容器 (C) 串联连接,

-控制设备,被设计为确定目的用于所述受控电流生成器 (1) 的控制值 (CTRL),使得所述受控电流生成器 (1) 生成要施加到主电源电流 (IMAIN) 的补偿电流 (ICAPA),以便补偿干扰电流 (INOISE),所述控制值 (CTRL) 通过实现以下而被确定:

-第一电流回路,被设计为对主电源电流 (IMAIN) 滤波,以便获得第一高频电流 (IMAINHF),

-第二控制回路,被设计为用与解耦电压 (VDEC) 成比例的第二电流 (IVAC) 校正所述第一高频电流 (IMAINHF),该解耦电压 (VDEC) 在所述受控电流生成器 (1) 与所述电容器 (C) 之间的连接点测量,

-加法器,被设计为通过第一高频电流 (IMAINHF) 与第二电流 (IVAC) 之间的差确定控制参数 (ICTRL),

-磁滞比较器,被设计为基于输入的所述控制参数 (ICTRL) 输出要施加的所述控制值 (CTRL)。

2. 根据权利要求1所述的有源滤波系统,其特征在于,所述控制设备被设计为将解耦电压 (VDEC) 保持在被包含在所述正确定电压 (+VDC) 与所述负确定电压 (-VDC) 之间的值。

3. 根据权利要求2所述的有源滤波系统,其特征在于,所述控制设备被设计为将所述解耦电压 (VDEC) 保持在接近0伏的值。

4. 根据权利要求1至3中的一个所述的有源滤波系统,其特征在于,所述受控电流生成器 (1) 包括电压转换器,该电压转换器包括两个开关 (S1、S2) 和连接在位于两个开关之间的中点的电感 (L),所述两个开关 (S1、S2) 由控制设备以互补方式控制,以便将等于所述正确定电压 (+VDC) 或所述负确定电压 (-VDC) 的电压 (VL) 施加到所述中点。

5. 根据权利要求3所述的有源滤波系统,其特征在于,两个开关 (S1、S2) 各自包括在至少高于500kHz的速率的快速切换晶体管。

6. 根据权利要求1所述的有源滤波系统,其特征在于,所述控制设备包括用于确定第二电流 (IVAC) 的组件,其被设计为将空阻抗 (Z) 施加至解耦电压 (VDEC),以便从其推断第二电流 (IVAC),所述空阻抗 (Z) 被确定以便消除解耦电压 (VDEC) 的低频分量。

## 有源滤波系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及有源滤波系统。根据本发明的有源滤波系统将具体用于对范围从2kHz至150kHz的频带中存在的电流谐波进行滤波。

### 背景技术

[0002] 在电能供应领域,已知诸如电源转换器、变速驱动器、电动机、霓虹灯照明单元或低能耗灯泡的某些电气设备产生电流谐波,这些电气设备连接至传统的50/60Hz电网。这些电流谐波对于电网自身是有害的,而且对于连接至同一电网的其他电气设备也是有害的。它们还趋于干扰使用LCC(输电线载波电流)技术的数据的传输。实际上,由LCC技术采用的频带(范围从3kHz至148.5kHz并且具体用于家庭自动化)可能由于某些电源转换器的存在而被污染,所述电源转换器诸如包括有源整流器级并将电流返回至网络上的那些。在范围从几kHz至几十kHz的基频以三角形式生成所返回的干扰电流。已知滤波系统是无源型的,并且包括一个或多个铜绕组。这些解决方案尤其笨重,并因此难以实现。

[0003] 题为“Design of active filters for dynamic damping of harmonics currents generated by asynchronous drives in modern high power locomotives”的公开(CasconeV等人,1992年6月29日,XP000369055)描述了有源滤波系统。

[0004] 本发明的目的在于提出一种有源滤波系统,其能够对范围从2kHz至150kHz的频带内存在的干扰电流滤波,该系统易于实现、可靠、紧凑并且低成本。

### 发明内容

[0005] 该目的通过一种有源滤波系统实现,其被设计为与供电网络并联连接,所述供电网络提供包括干扰电流的主电源电流,所述系统包括:

[0006] -至少一个电容器,

[0007] -包括电源的受控电流生成器,意图生成正确电压或负确定电压并且与电容器串联连接,

[0008] -用于控制所述受控电流生成器的设备,被设计为执行电流生成器的目标控制,使得后者生成要施加至主电流的补偿电流,以便补偿所述干扰电流。

[0009] 所述控制通过实现以下而提供:

[0010] -第一电流回路,被设计为对主电流滤波,以便获得第一高频电流,

[0011] -第二控制回路,被设计为用与解耦电压成比例的第二电流校正所述第一高频电流,该解耦电压在受控电流生成器与所述电容器之间的连接点测量,

[0012] -加法器,被设计为通过第一电流与第二电流之间的差确定控制参数,

[0013] -磁滞比较器,被设计为基于输入的所述控制参数输出要施加的所述控制值。

[0014] 根据具体特征,所述控制设备被设计为将解耦电压保持在被包含在所述正确电压与所述负确定电压之间的值。

[0015] 优选地,所述控制设备被设计为将所述解耦电压保持在接近0伏的值。

[0016] 根据另一具体特征,所述电流生成器包括电压转换器,该电压转换器包括两个开关和连接在位于两个开关之间的中点的电感,所述两个开关由控制设备以互补方式控制,以便将等于所述正确定电压或所述负确定电压的电压施加到所述中点。

[0017] 优选地,两个开关各自包括在至少高于500kHz的频率的快速切换晶体管。

[0018] 根据另一具体特征,所述控制设备包括磁滞比较器,被设计为基于输入的控制参数输出要施加到电压转换器开关的控制值。

[0019] 根据另一具体特征,所述控制设备包括滤波器,被设计为对主电流滤波以便获得第一高频电流。

[0020] 根据另一具体特征,控制设备包括用于基于所述解耦电压确定第二电流的组件。

[0021] 根据另一具体特征,确定组件被设计为将空阻抗施加至解耦电压,以便从其推断(deduce)第二电流,所述空阻抗被确定以便消除解耦电压的低频分量。

[0022] 根据另一具体特征,所述控制设备包括加法器,被设计为通过在第一电流与第二电流之间的差确定控制参数。

## 附图说明

[0023] 从下面参照附图提供的详细说明,其他特性特征和优点将变得清楚,附图中:

[0024] -图1示出根据本发明的有源滤波系统以及对于供电网络实现的其控制设备的架构;

[0025] -图2示出图示根据本发明的有源滤波系统的操作原理的仿真图。

## 具体实施方式

[0026] 本发明涉及被设计为连接至供电网络的有源滤波系统。

[0027] 图1以示意形式示出在两个电源线之间提供电压 $V_{MAIN}$ 的供电网络,该电压 $V_{MAIN}$ 施加至在该网络上生成干扰电流的电气设备。该电气设备由并联连接的电流生成器和线性负载 $R_L$ 示意性表示,并且意在汲取(draw)由该网络供应的基频的电流。

[0028] 本发明的有源滤波系统意图并联连接在供电网络的两条线上,并且插入在该网络和生成干扰电流(表示为 $I_{NOISE}$ )的电气设备之间。

[0029] 控制根据本发明的有源滤波系统,以便生成用于补偿该干扰电流 $I_{NOISE}$ 的电流 $I_{CAPA}$ 。

[0030] 如图1所示,根据本发明的有源滤波系统包括受控电流生成器1、一方面连接至该网络的第一电源线并且另一方面与电流生成器1串联连接的电容器C、以及被设计为控制该电流生成器1以便生成上面定义的补偿电流 $I_{CAPA}$ 的控制设备。

[0031] 电流生成器1包括连接至电容器C的第一端、以及连接至电网的第二电源线的第二端。在其两端之间,电流生成器1包括:

[0032] -电压转换器,包括由中间连接点连接在一起的两个开关 $S_1$ 、 $S_2$ ,

[0033] -连接至中间连接点和滤波系统的电容器C的电感L,

[0034] -双极直流电源,能够提供两个直流电压(即,正电压 $+V_{DC}$ 和负电压 $-V_{DC}$ ),两个电压之间的中点连接至第二电源线。

[0035] 控制设备可以部分或全部借助于模拟和/或数字组件而实现。

[0036] 如上所述,控制设备使用两个分开的控制回路以便控制补偿电流,使得其跟随干扰电流的变化。

[0037] 控制设备包括零中心磁滞比较器,用于基于输入到比较器的控制参数ICTRL定义切换阈值+ih和-ih,并输出用于电压转换器的两个开关的控制值CTRL。

[0038] 以互补方式控制电压转换器的两个开关S1和S2,即,当它们中的一个闭合时,另一个开路,反之亦然。

[0039] 因此,正向控制第一开关S1,即,当指示为CTRL的控制值高于阈值加磁滞时,其处于闭合状态。

[0040] 因此,负向控制第二开关S2,即,如果控制值CTRL低于阈值减磁滞时,其处于闭合状态。

[0041] 为了确定控制参数ICTRL,控制设备使用上述两个控制回路,其各个输出是施加至加法器的电流IMAINHF和IVAC,该加法器被设计为根据以下关系确定对应于控制参数ICTRL的电流的差:

$$[0042] \quad ICTRL = IMAINHF - IVAC$$

[0043] 通常来说,第一控制回路被设计为控制干扰电流,以便在网络上仅留下低幅度高频电流。

[0044] 更具体地,第一控制回路意图消除网络供应的电流的低频分量,即,50或60Hz的电流分量(依赖于网络频率)、以及可选地消除低于2kHz的第一低频谐波。该第一回路包括滤波器,该滤波器在其输入接收由位于电网的线路上的传感器测量的电流IMAIN,并输出滤波后的电流IMAINHF,其保留具有高于主电流IMAIN的2kHz的频率的分量。

[0045] 所使用的滤波器例如是抑制(reject)或高通型并具有表示为 $\alpha(f)$ 的增益。

[0046] 通常来说,第二控制回路被设计为控制电容器C与电流生成器1之间的连接点处的电压,以便使其以在低频(即,对于本发明,低于2kHz)为0的平均值为中心。

[0047] 更具体地,第二控制回路意图控制在电容器C与电流生成器1之间的连接点处测量的解耦电压VDEC,以便使其保持在适于使电流生成器1不饱和的值。这将包括例如将该解耦电压VDEC限制在被包括在两个电源电压+VDC与-VDC之间、并且优选将解耦电压VDEC减小至接近0V的值的值。为此目的,第二控制回路施加空阻抗Z,其与第一控制回路的滤波器和电容器C的电容组合,以便将解耦电压VDEC减小至接近0V的值。

[0048] 解耦被称为“有源”是因为由电流生成器自身供应低频电流,该低频电流跨过电容器C并且需要该低频电流以将解耦电压VDEC保持在0V。通过由与解耦电压VDEC ( $IVAC = \frac{VDEC}{Z(f)}$ )成比例的电流校正电流IMAINHF,迫使电流IMAINHF服从平均值 $\frac{VDEC}{Z(f)}$ ,

因此,迫使主电流IMAIN服从 $\frac{VDEC}{\alpha Z(f)}$ 。跨过电容器C的电流因此对应于将通过将电容器C与阻抗 $\alpha Z(f)$ 连接以通过减去穿过电感L的电流形成高通无源滤波器C- $\alpha Z$ 而获得的同样的电流。通过阻抗Z(f)的仔细的选择,消除VDEC的低频分量。该逆反应使得电压VDEC最少地受输入电压VMAIN影响,这不用添加任何无源组件、并且不用创建额外物理网格(mesh)就可以实现,通过该额外物理网格,低频电流可以用电源+/-VDC来建立,并使得组件不稳定。

[0049] 在第二控制回路中,第二解耦电压VDEC用于基于以下关系确定电流IVAC:

$$[0050] \quad IVAC = \frac{VDEC}{Z(f)}$$

[0051] 在第一控制回路的输出获得的电流IMAINHF和在第二控制回路的输出获得的电流IVAC施加至控制回路的加法器,以便确定电流ICTRL的差。如上所述,根据以下关系,如上定义用于生成对于开关的控制值的该差ICTRL实际上源自电流IMAINHF与电流IVAC之间的差:

$$[0052] \quad ICTRL = IMAINHF - IVAC$$

[0053] 本发明的操作原理如下:

[0054] -当差ICTRL增大直至其达到比较器的高阈值+ih时,比较器输出意图用于两个开关的切换命令。在两个开关之间的中点处的电压VL穿过至+VDC。

[0055] -电流生成器的电感L然后生成电流的变化,其与电流ICTRL的增大相反,因此导致该电流ICTRL的减小。

[0056] -当差ICTRL减小直至其达到低阈值-ih时,比较器输出意图用于两个开关的切换命令。两个开关之间的中点处的电压VL穿过至-VDC。

[0057] -电流生成器的电感L然后生成电流的变化,其与电流ICTRL的减小相反,因此导致电流ICTRL的增大,直至其再次达到高阈值+ih。

[0058] 可以这样理解,电流ICTRL根据具有有限值-ih和+ih的锯齿轮廓而变化。

[0059] 优选地,选择电流生成器的电源,以便提供具有低值的电压+VDC、-VDC,例如分别为+15V和-15V,这使得能够使用快速切换晶体管类型的开关。在电源提供例如+15V和-15V电压的情况下,可以选择能够以500kHz切换的晶体管。

[0060] 然而,因为由网络供应的输入电压VMAIN远远高于由电流生成器的电源提供的电压VDC,所以必须通过如上所述的第二控制回路的定位来控制电压VDEC。因此,第二控制回路能够确保电压VDEC最少地受由网络供应的电压VMAIN影响。

[0061] 第二控制回路意图通过将电压VDEC保持在范围-VDC至+VDC内,并且优选地在接近0V的值的区域内,而防止电流生成器的饱和。实际上,必须能够允许控制交替地具有正斜率和负斜率的电流差ICTRL。

[0062] 通过第二控制回路,可以用与解耦电压VDEC成比例的电流IVAC校正电流IAMINHF,并迫使电流IMAINHF平均服从表达式 $\frac{VDEC}{Z(f)}$ ,并因此迫使电流IMAIN服从表达式 $\frac{VDEC}{\alpha Z(f)}$ 。

[0063] 图2图示本发明的操作原理。这些仿真图基于以下输入数据而获得:

[0064] -在50Hz的电压VMAIN=230V,

[0065] -汲取40Aeff的电流的负载,

[0066] -具有20kHz频率和幅度2A峰值的三角干扰电流INOISE。

[0067] 从曲线图还可见:

[0068] -解耦电压VDEC仅最少地受干扰;

[0069] -创建具有频率50Hz和幅度5V的分量,并且其具有在补偿电流ICAPA的锯齿曲线图中产生不对称性(dysymmetry)的效果;

[0070] -对于ICAPA电流的曲线图的两个斜率对于补偿电流仍保持充分陡峭,以在每个时刻容易地跟随干扰电流INOISE。

[0071] 必须理解,根据本发明的滤波系统的架构将依赖于在网络频率由负载汲取的电

流、由负载生成的干扰电流的幅度、该干扰电流的频率和斜率。

[0072] 利用根据本发明的有源滤波系统,可以获得在滤波之后仅包含高频分量的残余电流,其具有远远大于干扰电流的值的值。该变化的高频电流可以由额外系统滤波。以此方式,网络可以为负载提供在50或60Hz的普通频率的电流。

[0073] 本发明构成这样的技术方案,其能够解决范围从2kHz至150kHz的频带内网络上存在的干扰电流的问题,其是现有解决方案不能实现的,所述现有解决方案常常很笨重,因为它们使用铜绕组实现。

[0074] 此外,根据本发明的解决方案提供许多优点,包括:

[0075] -通过使用低压晶体管而使得可能的较低成本;

[0076] -使用简单控制法则的简单实现方式。

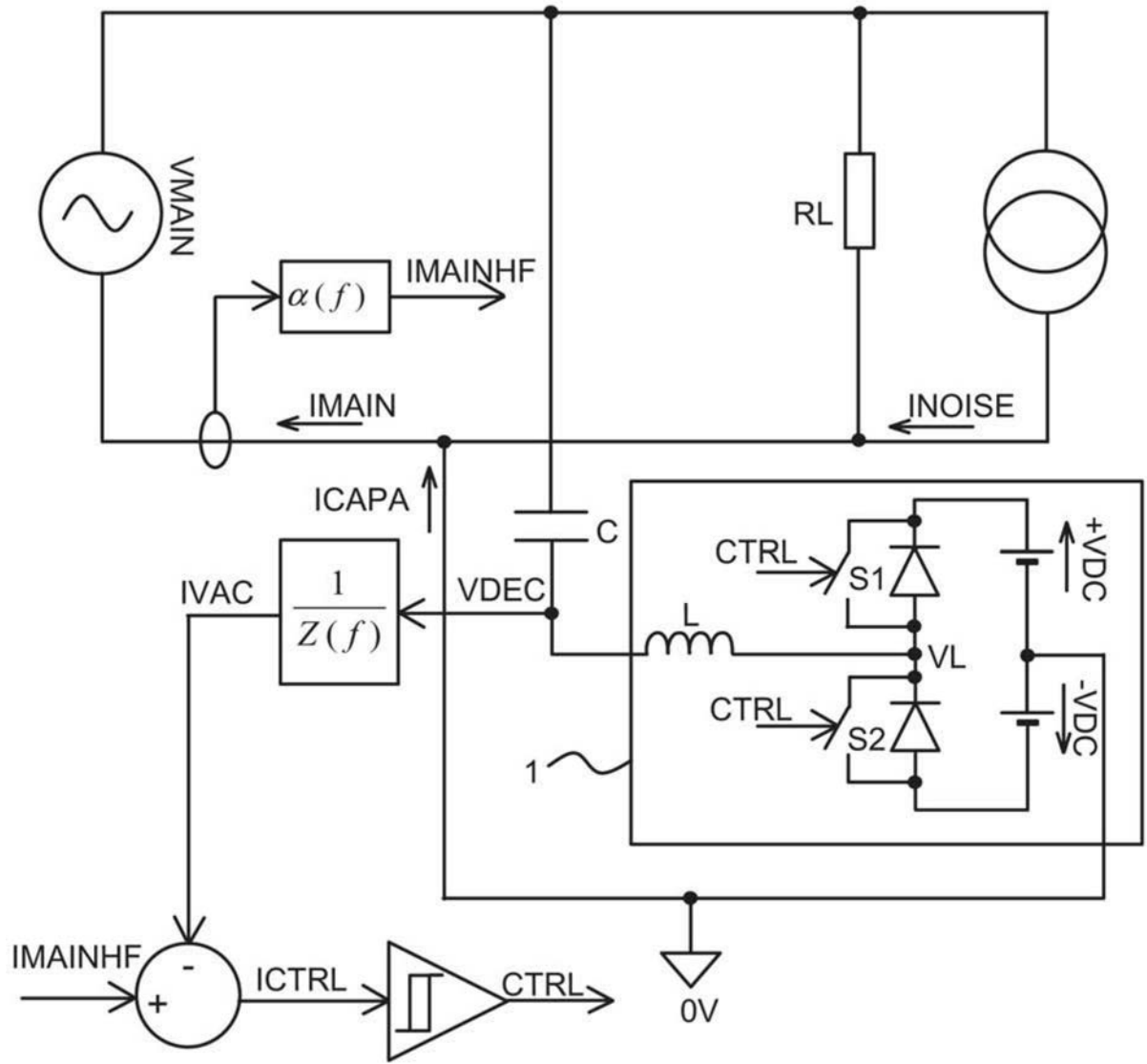


图1

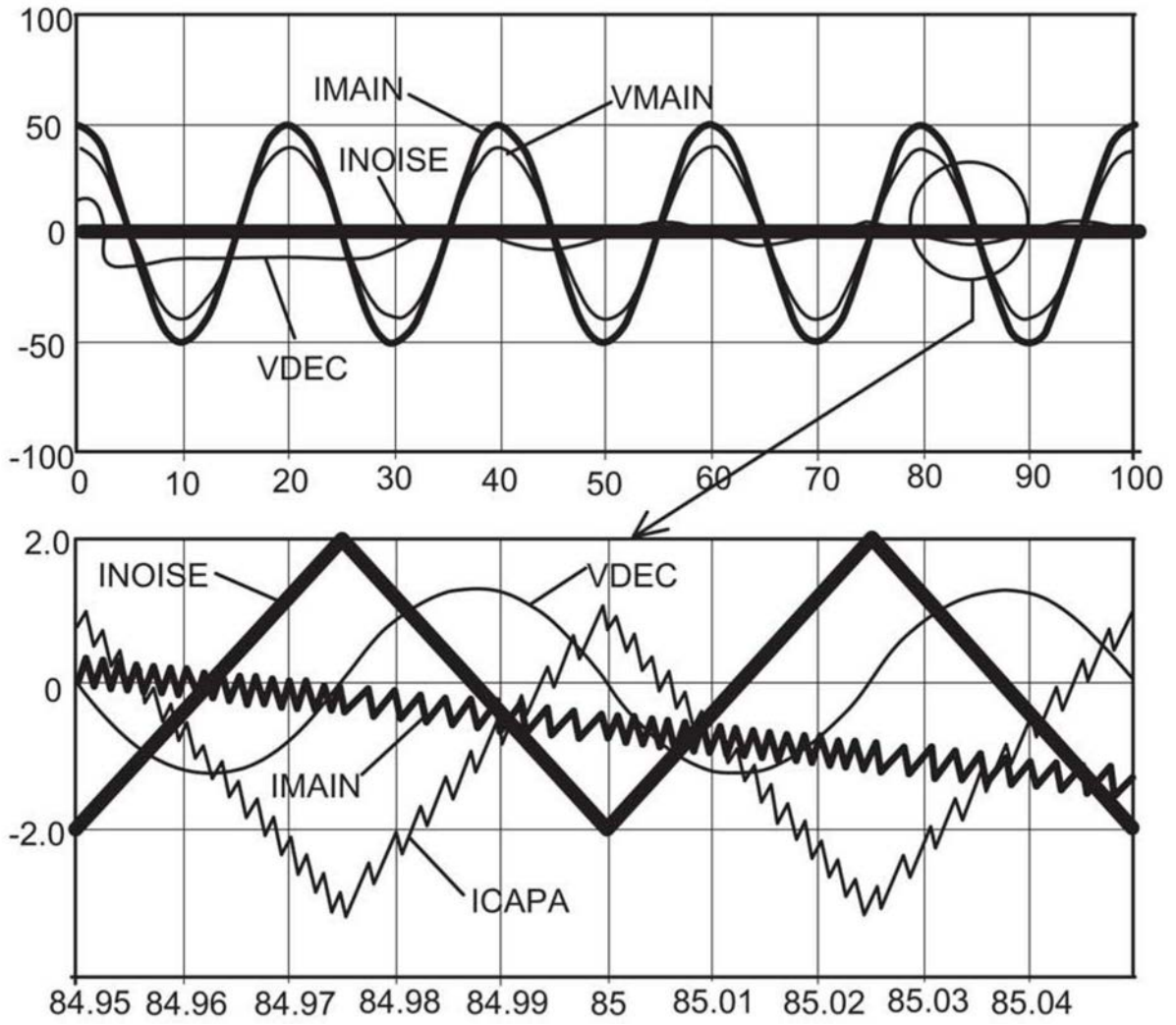


图2