

# 基于多载波扩频技术的低压电力线通信研究

薛明<sup>1</sup>, 于丰<sup>1</sup>, 于祥兵<sup>2</sup>

(1.丰县供电公司生产技术部,江苏丰县 221700;2.中国移动浙江省公司信息技术部,浙江杭州 310000)

**摘要:**为解决数据在低压电力线传输中产生的频率选择性衰落和 ISI 问题,提出了基于多载波扩频的低压电力线通信方法。该方法针对具体的多载波直扩 CDMA 系统结构,分析了在低压电力线中参数配置与可恢复路径数之间的关系,不同的参数配置、多用户条件下的系统性能以及接受信号及其抗干扰。在相同带宽相同检测算法条件下仿真表明,应用该系统结构可以获得比已有的直扩 CDMA 系统更好的特性,大大提高低压电力线传输过程中抗多址干扰和 ISI 的能力。

**关键词:**多址干扰;多载波扩频;电力线通信;符号间干扰;CDMA

**中图分类号:** TN913.6; TN911

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1009-0665(2010)04-0032-05

近年来,国际互联网风靡全球,用户接入网络通常有两种方式:一种可以通过无线或电缆等方式实现,该方法由于成本高,难以大面积推广;另一种方式是利用已有的线路资源,如电话线,电力线等。由于电力线路覆盖范围相当广泛,国内外针对低压电力线高速数据通信技术进行了相关研究。目前,德国、英国、美国、加拿大等国家采用扩频技术,已推出了传输速率为 19.2 kb/s 和 100 kb/s 的电力线扩频通信产品,在市电网上传送 2 Mb/s 以上速率的产品<sup>[1,2]</sup>。我国研究低压电力线通信技术较晚,国内的深圳亚奇通信电子有限公司采用直序扩频技术实现电力线载波通信。清华大学、华中科技大学、西安交通大学等国内一些高等学校和科研单位也对此进行了研究,取得了一定的成果<sup>[3,4]</sup>。电力线信号传输机制是多径传播,多径信号路径时延较长时会产生频率选择性衰落和符号间干扰(ISI),这是电力线数据通信的最大障碍。为解决此问题,文中采用多载波直扩 CDMA 系统(MC-DC-CDMA),该系统为使信息干扰最小化,不要求各子载波频率满足正交条件,而是使用脉冲成形,通过子载波频率分配,使各子载波互不重叠,几路子载波同时传送相同的扩频序列,不仅可以有效地抑制邻信道干扰,增强抗脉冲干扰能力,而且利用数目较少的子载波传输就可以解决频率选择性衰落和 ISI 的影响。

## 1 多载波扩频机理

### 1.1 CDMA 技术

CDMA 通信就是将要传送的具有一定信号带宽的信息、数据,用一个带宽远大于信号带宽的高速伪随机码信号去调制它,使原信息、数据信号的带宽被大大扩展(扩频),再经载波调制后发射出去;接收

端则使用完全相同的伪随机码,与接收的宽带信号作相关处理,把宽带信号变成原信息、数据的窄带信号(解扩),实现数据通信<sup>[5,6]</sup>。CDMA 可在同一载波频率上同时传送多个用户的信息、数据,实现多址通信。扩频码之间的互相关值越小,多址干扰就越小,多址通信用户数就越多。

### 1.2 多载波传输技术

多载波传输技术有多种提法如 OFDM<sup>[7-10]</sup>、离散多音调制和多载波调制,这 3 种提法在一般情况下等同,只是在 OFDM 中各子载波保持相互正交,而在多载波调制中这一条件并不总成立。子载波间存在 3 种不同的设置方案:传统的频分复用<sup>[11-13]</sup>、采用偏置 QAM(SQAM)技术和 OFDM。OFDM 即各子载波正交且频谱相互重叠,可使载波间隔达到最小,从而提高了频带利用率,OFDM 的频谱非常接近于矩形,因此频带利用率可接近香农信息论的极限。

### 1.3 多载波与 CDMA 的结合方式

为了克服频率选择性衰落信道中的 ISI,自 1993 年开始,陆续出现讨论多载波调制与 CDMA 相结合方法的研究,主要研究时域扩频构成方法之一的 MC-DC-CDMA 系统。

## 2 MC-DS-CDMA 系统

### 2.1 信号发送

系统的发送图如图 1 所示。

在发送端,符号周期为  $T_b$  的信号序列经串行变换成为  $P$  组并行的序列,在这  $P$  组并行的序列支路上符号的周期为  $T_s = PT_b$ ,再将  $P$  组的每个支路复制为  $L$  条子支路,在子处理支路上,用长度为  $N$ 、码片周期为  $T_c$  的同一扩频序列进行扩频。 $T_s = NT_c$ ,用  $PL$  个子载波对各支路进行 BPSK 调制,其中相同比特的支路使用的调制子载波频率有最大间隔,这时可

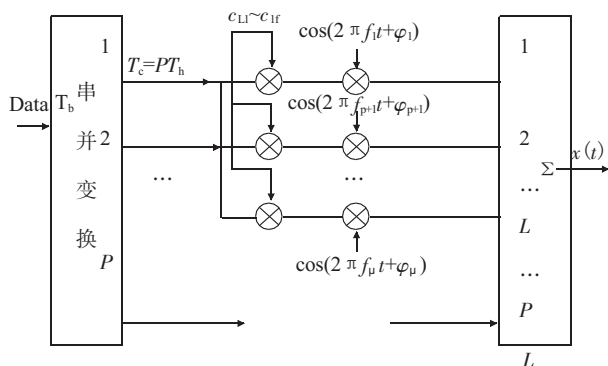


图1 MC-DS-CDMA 系统信号发送框图

用式  $q(p,l) = p(l-1) + p, =1,2,\dots,L$  来表示被第  $P$  条并行数据流调制的  $L$  个子载波,其中  $q(p,l)$  为第  $P$  条并行支路的第 1 个子载波序号。相邻载波调制后信号在频谱上不存在重叠,具有相同的带宽  $BW_{PL} = BW_1/PL$ ,其中  $BW_1 = (1+\lambda)/T_{c1}$ ,为码片波成形滤波器滚降因子, $T_{c1}$  是传统单载 DS-CDMA 系统的扩频码片时长<sup>[6]</sup>。于是  $BW_{PL} = (1+\lambda)/PLT_{c1}$ ,为保证传输带宽不受  $P$  和  $L$  取值变化的影响,扩频序列的码片时长  $T_c$  满足:

$$T_c = PLT_{c1} \quad (1)$$

因此考虑,  $T_c = PTB_b/N, TB_{c1} = T_b/N_1$ , 扩频序列的长度  $N$  必须满足:

$$N = 1/N_1 \quad (2)$$

其中  $N_1$  为  $P=L=1$  时的伪随机(PN)序列长度,  $T_{c1}$  为  $P=L=1$  时的码片时宽。为保证固定的传输带宽,怎样改变  $P$  和  $L$  的取值,单载波系统与多载波系统传输带宽不变,扩频序列长度的改变必须遵守式(2)。

假设系统内的用户  $k$  的各子载波支路的功率相等,则第  $k$  个用户的发送信号的表达式:

$$x_k(t) = \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \sqrt{\frac{2P_k p}{L}} b_p^k(t-t_k) S_k(t-t_k) \cos\{2\pi [p(l-1)+p] \Delta f t + \varphi_{kpl}\} \quad (3)$$

式中:  $P_{kp} = E_{kp}/T_s$  是第  $k$  个用户第  $p$  组并行支路发射一个符号位的功率,  $E_{kp}$  是第  $k$  个用户第  $P$  组并行支路的发射一个符号位的能量,

$b_p^k(t) = \sum_{i=-M}^M b_{ip}^{(k)} \varphi_{T_c}(t-iT_s)$ ,  $\varphi_{T_c}(t)$  表示宽度为  $T_s$  的单位矩形脉冲,一帧数据长度为  $2M+1$ ,  $t_k$  是第  $k$  个用户发射信号的时延,  $\varphi_{kpl}$  是第  $k$  个用户第  $p$  条支路的第  $i$  个子载波的相位,符号集  $\{t_k\}$  和  $\{\varphi_{kpl}\}$  是独立同均匀分布的随机变量,分别在  $[0, T_s)$  和  $[0, 2\pi)$  内取值,  $T_b$  是比特周期,  $T_s$  是在子载波上传输数据比特周期,  $S_k(t) = \sum_{f=1}^F c_{kf} \varphi_{T_c}(t-fT_c)$ ,  $f=1,2,$

$\dots, F, c_{kf}$  是第  $k$  个用户的扩频码,  $\int_0^{T_c} s_k^2(t) dt = 1$ ,  $\Delta f = (1+\lambda)/T_{c0}$ .

## 2.2 信号接收

信号接收方案采用最大合并比接收,接收机结构如图 2 所示,经相应的带通滤波器,  $k$  个用户的接收机采用  $PL$  个码片匹配滤波器组,对相同比特支路的各输出进行分集合并,再经并串变换得到所有用户发射信号。

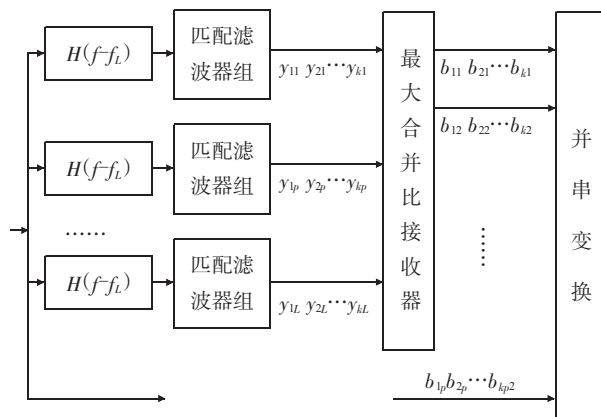


图2 MC-DS-CDMA 系统信号接收模型

## 2.3 信道可恢复路径数

设信道的最大路径时延扩展为  $T_m$ ,则可回复路径数目为  $path = [T_m / T_c]$ ,令  $T_m = n_1 T_{c1}$ ,  $n_1$  为整数,再由式(1)得到:

$$path = [path_1 / PL_c] + 1 \quad (4)$$

其中,  $path_1$  为  $P=L=1$  时系统在当前信道条件下的可恢复的路径数目。从式(4)可知,如果增加子载波数目,则可恢复路径数目减小,选择  $PL$  满足以下条件:

(1) 系统中每个子载波衰落是无选择性的,即  $T_m \leq PLT_{c1}$ ,得出  $PL \geq T_m / T_{c1}$ ,也就是说,如果子载波数目满足。

$$PL \geq path_1 - 1 \quad (5)$$

其中  $path_1$  为  $P=L=1$  时系统在当前信道条件下的可恢复的路径数目,则对于每路子载波经历的都是单路径的衰落。

(2) 相邻子载波的衰落式相互独立的,即  $BW_{PL} \geq (\Delta f)c, (\Delta f)c = 1/T_m$ 。若子载波的选择满足下式:

$$T_m/T_{c1} \leq PL \leq (1+\lambda)(T_m/T_{c1}) \quad (6)$$

则上两条件可满足。为保证上式左侧式不相等,取  $PL = path_1$ ,右式不相等选取  $\lambda \geq T_{c1}/T_m$ 。

## 2.4 系统参数的优化

在配置支路数  $P$  和每个支路上的子载波数目  $L$  时有约束条件:

(1) 多载波系统占用的带宽应与某一单载波

DS-CDMA 的带宽相等,这就对 MC-DS-CDMA 的扩频序列长度提出要求,它们之间的关系符合式(2)。

(2)针对不同的信道特性,可以通过对  $P$  和  $L$  的配置来保证每路子载波经历的都是单路径的衰落,这样就可以在各子载波上用单独的匹配滤波器对信号进行处理。

## 2.5 接收信号与干扰分析

电力线通信信道是频率选择性衰落信道,通过恰当的选择子载波数,满足式(6),使每个用户在每个载波上经历的是单路径衰落。低压电力线信道衰落是慢衰落信道,可以准确地估计信道的变化,因此 MC-DS-CDMA 系统接收的信号为:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sqrt{\frac{2P_{kp}}{L}} b_p^k(t-t_k) S_k(t-t_k) \quad (7)$$

$$\sum_{l=1}^L \cos\{2\pi [p(l-1)+p] \Delta ft + \varphi_{kpl}\} \times h_{kpl}(t) + n(l)$$

式中:  $P_{kp} = E_{kp}/T_s$  是第  $k$  个用户第  $P$  组并行支路的符号位发射功率;  $E_{kp}$  是第  $k$  个用户第  $P$  组并行支路的比特能量; 是第  $k$  个用户的第  $P$  组并行支路的数据流;  $T_b$  是比特周期  $\int_0^{T_c} S_k^2(t) dt = 1$ ;  $h_{kpl}(t) = \alpha_{kpl} e^{j\varphi_{kpl}} \delta(t-\tau_{kpl})$ ,  $h_{kpl}^{(l)}$  为第  $k$  个用户第  $[p(l-1)+p]$  个子载波信道的响应,  $l = 1, 2, \dots, L$ 。路径幅值为  $\alpha_{kpl}$  (同一子载波上的衰落路径幅值均值相同), 路径延时  $\tau_{kpl}$  和衰落因子相位  $\varphi_{kpl}$  都是随机变量, 分别服从对数正态分布, 正态分布(不同用户具有不同的均值和方差)衰落因子相位取  $[0, 2\pi]$  均匀分布,  $n(t)$  是低压电力线上的各类噪声和, 于是式(7)可以重写为下列形式:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K \sum_{p=1}^P \sum_{l=1}^L \alpha_{kpl} e^{j\varphi_{kpl}} \sqrt{\frac{2P_{kp}}{L}} b_p^k(t-\tau_{kpl}) S_k(t-\tau_{kpl}) \quad (8)$$

$\varphi_{kpl} = \varphi_{kpl} - \varphi_{kr}$ ,  $\varphi_{kr}$  为由于路径延时引起的第  $k$  个用户的相位,  $\tau_{kpl} = \tau_k + \tau_{kpl}$  为了检测所有用户的第  $p$  组并行支路上的符号, 只需要相应  $L$  个子载波上的信号, 经带通滤波器, 得到第  $l$  个子载波的第  $k$  个用户的信号为:

$$r_l(t) = \sum_{k=1}^K \alpha_{kpl} e^{j\varphi_{kpl}} \sqrt{\frac{2P_{kp}}{L}} b_p^k(t-\tau'_{kpl}) S_k(t-\tau'_{kpl}) \quad (9)$$

$$(t-\tau'_{kpl}) \times \cos\{2\pi [P(l-1)+p] \Delta f t + \varphi'_{kpl}\} + n_1(t)$$

经相应匹配滤波器可得到:  $y_l = [y_{l1}, y_{l2}, \dots, y_{kl}]^T$ ,

其中:  $y_{kl} = \int_0^T \tau_l(t) 2S_k(t-\tau_{kpl}) \times$

$$\cos\{2\pi [P(l-1)+P] \Delta f t + \varphi_{kpl}\} dt \quad (10)$$

当接收端同步跟踪锁定后, 有  $\tau_{kpl} = 0$  和  $\varphi_{kpl} = 0$ , 滤去高次谐波, 于是:

$$y_{kl} = \sqrt{\frac{2P_{kp}}{L}} b_{0p}^{(k)} \alpha_{kpl} e^{j\varphi_{kpl}} T_s + \sum_{i=1, i \neq k}^K \alpha_{kpl} e^{j\varphi_{kpl}} \sqrt{\frac{2P_{kp}}{L}} \int_0^T b_p^k(t-\tau_{ipl}) S_k(t) S_l(t-\tau_{ipl}) \times \cos(\varphi_{ipl}) dt + n_{ld} \quad (11)$$

式中:  $n_{ld}$  为相应匹配滤波器输出噪声和; 第一项是第  $k$  个用户的第  $P$  组并行支路的第一个符号位; 第二项是第  $k$  个用户受到其他用户的多址干扰; 第  $l$  个子载波上的用户  $i$ , 对用户  $k$  的平均多址干扰可以写成:

$$G_i(T_s) = \sum_{i=1, i \neq k}^K \alpha_{kpl} e^{j\varphi_{kpl}} \sqrt{\frac{2P_{kp}}{L}} \cos(\varphi'_{ipl}) I_p^{i,k}(b_p \cdot \tau'_{ipl}) \quad (12)$$

式中:  $I_p^{i,k}(b_p \cdot \tau'_{ipl}) = b_{-1p}^{i,k} R_k^{(i)}(\tau'_{ipl}) + b_{0p}^{i,k} \hat{R}_k(\tau'_{ipl})$ ;

$R_k^{(i)}(\tau'_{ipl})$  和  $\hat{R}_k(\tau'_{ipl})$  为用户扩频码的非周期互相关函数;  $R_k^{(i)}(\tau'_{ipl}) = \int_0^{\tau'_{ipl}} S_k(t) S(t-\tau'_{ipl}) dt$ ,  $\hat{R}_k(\tau'_{ipl}) = \int_{\tau'_{ipl}}^T S_k(t) \cdot S(t-\tau'_{ipl}) dt$ 。

获得一个用户的一个符号位需要  $L$  个子载波分集接收, 则该用户  $L$  个子载波受到的多址干扰为:

$$G_i(T_s) = \sum_{i=1, i \neq k}^K \sqrt{\frac{2P_{kp}}{L}} \sum_{i=1}^L \alpha_{ipl} e^{j\varphi_{kpl}} \cos(\varphi'_{ipl}) I_p^{i,k}(b_p \cdot \tau'_{ipl}) \quad (13)$$

从式(13)可知, 多址干扰的大小与用户所使用扩频码的非周期互相关函数有关, 通过选择互相关性小的扩频序列可以抑制多址干扰。

## 2.6 仿真分析

在数值仿真中, 考察  $P=1$  和  $P>1$  的性能。如果不是特别说明的情况, 假定  $P=1$ ,  $L=1$  对应单载波扩频系统的可恢复多径数目为  $L_1=12$ , 由式(4), 得到随着  $P$  和  $L$  的增加, 相应的多载波直扩系统的可恢复多径数目的变化规律, 如表 1 所示。

表 1 可恢复多径数目与系统参数配置关系( $L_1=12$ )

Path	L=1	L=2	L=3	L=4	L=5	L=6
P=1	12	6	4	3	2	2
P=2	6	3	2	2	2	1
P=3	4	2	2	1	1	1
P=4	3	2	1	1	1	1

典型的低压电力线信道最大时延扩展  $T_m=1 \mu s$  (信道的最大路径时延扩展  $T_m=n_1 T_{cl}$ ), 为保证系统中每个子载波衰落是无选择性的, 相邻子载波的衰落

是相互独立的  $PL$  应该满足  $12 \leq PL \leq 13, \lambda \geq 1/11$ , 这里取  $\lambda = 0.1$ 。若在电力线  $1 \sim 30$  MHz 频率范围内,根据测试结果,选择测试环境下的信号衰减相对较小的频带 ( $7 \sim 20$  MHz) 进行信号传输,  $\lambda = 0.1$ ,  $PL=12$  相应的单载波系统最大传输速率为 11 MHz, 实际上由于多径衰落单载波系统已无法达到,而对于多载波系统不同系统参数配置下可传输数据的最大速率如表 2 所示。

表 2 系统最大传输比特率与系统参数配置关系 ( $L_1=12$ )

Mb/s	$L=2$	$L=3$	$L=4$	$L=6$
$P=2$	—	—	—	1.8
$P=3$	—	—	2.75	—
$P=4$	—	3.6	—	—
$P=5$	5.5	—	—	—

### (1) 不同的参数配置对系统性能的影响

为考察系统抗多径干扰的能力,只在背景噪声下仿真。从图 3 中可以看到  $P=3, L=2$  的系统性能优于  $P=2, L=1$  的系统性能,并且随着信噪比的增大,2 种配置下系统性能都有所提高,但  $P=3, L=2$  的系统性能仍然优于  $P=2, L=1$  的系统性能。从表 1 中可见这 2 种不同的配置下,信道可恢复路径数目有所差异,在  $P=3, L=2$  时可恢复路径数目为 2,而  $P=2, L=1$  时可恢复路径数目为 6,仿真时在每路子载波上只采用一个匹配滤波器进行接收,这样后者将受到更多的多径干扰,因此性能劣于前者。

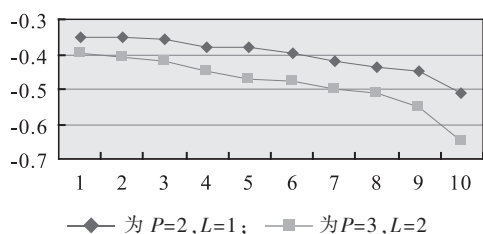


图 3 不同子载波数目配置下的系统性能

### (2) 单载波 DS-CDMA 系统与 MC-DS-CDMA 系统性能的比较

图 4 为传统的单载波 DS-CDMA 系统  $P=L=1$  与 MC-DS-CDMA 系统 ( $P=4, L=3$ ) 两者的性能比较。单载波系统采用 RAKE 接收,多载波系统采用最大合并比接收。

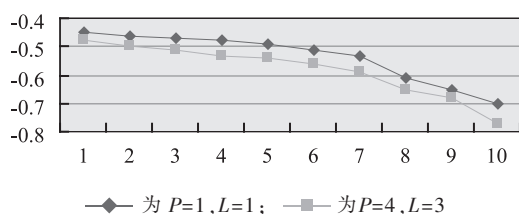


图 4 单载波系统与 MC-DS-CDMA 系统比较

从仿真结果可以看出,在相同的信噪比条件下多载波系统的误码率性能优于单载波系统的误码率,能支持更多的用户数。这是由于 MC-DS-CDMA 系统把串行的码元变成并行的码元在并行信道上传输,在占用相同的传输带宽下,MC-DS-CDMA 系统中子信道上的码元时宽比单载波系统要宽得多,因此短时脉冲噪声对其码元的影响也相对要小得多,而且每个码元仅占用整个信道频带的一小部分,脉冲噪声的功率分布到每个子信道上后有所减弱,也减少了对该子信道上码元的干扰,将突发错误有效随机化,使多个码元承受细微的失真,不影响数据的恢复重构。

### (3) 多用户环境下的系统性能

为考察多址干扰对系统性能的影响,只考虑在背景噪声下,信噪比为 25 dB 时的用户容量的比较,  $N$  是扩频增益,满足式(2)。

从图 5 中可见,在用户数较少时,子载波数  $P=3, L=4$  系统性能要好于  $P=4, L=3$  系统性能;而在用户容量较大时,  $P=4, L=3$  好于  $P=3, L=4$  系统。可见,在总子载波数一定时,MC-DS-CDMA 系统支持的用户数是不同的。在用户数较少时,  $P$  较小(相应地  $L$  较大)的 MC-DS-CDMA 系统有更好的性能;在用户数较多时,  $P$  较大(相应地  $L$  较小)的 MC-DS-CDMA 系统性能更好。这是因为在用户数较少时,多址干扰对系统性能的影响不显著,  $P=3, L=4$  多载波系统采用了更多的分集路数,因而比  $P=4, L=3$  多载波系统有更好的性能。但随着用户数的增加,多址干扰也随之增加,传输相同数据的子载波数  $L$  较少的,受到的多址干扰也较少,所以此情况下  $P=4, L=3$  多载波系统比  $P=3, L=4$  多载波系统具有更好的性能。

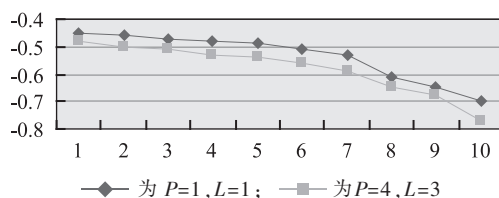


图 5 不同用户时 MC-DS-CDMA 系统性能

## 3 结束语

针对低压电力线信道的多径传输特性,给出了 MC-DS-CDMA 系统在低压电力线进行数据通信的信号传送、接收与干扰和性能分析。该系统利用数目较少的子载波传输就可以解决 ISI 的影响,而且具有较好的抗脉冲噪声的能力,由于采用相同比

特的子载波支路同时在不同的子信道上传输,也可获得频率分集。仿真结果说明在多径衰落信道中,当载波的数目增加时,每个子载波上的带宽相应减小,在每个子载波上的可恢复路径数目下降,当恰当地选择子载波的数目时,可实现每个子载波上单路径衰落。

#### 参考文献:

- [1] PAVLIDOU N, YAZANDI J. Power Line Communication: State of the Art and Future Trends [J]. IEEE Commu. Magazine, 2003, 41(4):34-40.
- [2] KONDO S, MILSTEIN LB. Performance of Multicarrier DS-CDMA Systems [J]. IEEE Trans on Commun, 1996, 44(2): 238-246.
- [3] 刘海涛,张保会,谭伦农. 低压电网的窄带衰落特性研究[J]. 西安交通大学学报, 2003, 37(4):411-412.
- [4] 赵玉玺,杨将新. 基于电力线载波通信技术的照明控制系统开发与与实施[D]. 浙江大学, 2006.
- [5] 宋文妙,胡健栋. 宽带电力线通信关键技术研究[D]. 北京邮电大学, 2006.
- [6] 吴法旺,王 茜,何 岩,等. 电力线载波通信传输质量评价及其研究方法[J]. 电子质量, 2007, (7):33-36.
- [7] 郑 涛,张保会. 利用低压电力线传输数据存在的问题及对

- 策[J]. 电网技术, 2004, 28(22):44-48
- [8] 姚雪峰,周嘉农,宋玉宏. 正交频分复用前置编码技术在宽带电力线通信中的应用[J]. 电网技术, 2004, 28(18):45-49.
- [9] 熊 兰,程时杰, JOSEPH NGNUMBIS. OFDM 信号在低压电力线上的传输及其时频分析[J]. 继电器, 2004, 32(8):30-36.
- [10] 虞华艳,毛德祥. OFDM 实现低压电力线高速数据通信[J]. 继电器, 2003, 31(12):23-28.
- [11] 陈燕华,焦 毅. OFDM 低压电力线通信中基于小波去噪的盲信道估计[J]. 电力系统通信, 2006, 17(170):58-62.
- [12] 马英红,周春丰,刘爱辉. 半盲信道估计在 OFDM 低压电力线通信中的应用[J]. 电力系统通信, 2006, 27(161):55-59.
- [13] 刘 恒,王光森,王 乘. OFDM、扩频通信技术在电力线通信中的应用分析与仿真[J]. 继电器, 2003, 31(7):41-46.
- [14] 王书亮,苟新兵. 低压电力线载波数据通信及应用前景[J]. 计算技术与自动化, 2002, 21(3):98-104.
- [15] 刘思久,赵岩岩. 低压电力线载波数据通信的仿真软件开发[J]. 电测与仪表, 2007, 44(6):8-11.

#### 作者简介:

薛 明(1963-),男,江苏丰县人,工程师,从事生产技术管理工作;  
于 丰(1975-),男,江苏丰县人,工程师,主要负责公司变电技术、  
继电保护管理,科技自动化管理;  
于祥兵(1983-),男,浙江杭州人,工程师,从事信息技术工作。

## Research on Low-voltage PLC Based on Multicarrier Spreading Spectrum Technique

XUE Ming<sup>1</sup>, YU Feng<sup>1</sup>, YU Xiang-bing<sup>2</sup>

(1. Fengxian Power Supply Company, Fengxian 221700, China;

2. Zhejiang Company of China Mobile, Hangzhou, 310000, China)

**Abstract:** To resolve the problem of the frequency selective fading and ISI caused by data transmission in channel, this study proposes one communication method in low-voltage power line based on multicarrier spreading spectrum technique (researches on multicarrier spreading spectrum technique). According to the special structure of Multicarrier Direct Sequence Code Division Multiple Access (MC-DS-CDMA,) system, this study analyses the relation of parameters configure and resumable path numbers, and the performance of system in different parameters configure and multiuser. By the simulating and comparing of the same bandwidth and measure arithmetic at last, it can obtain better performance than the direct sequence CDMA (DS-CDMA, Direct Sequence Code Division Multiple Access) and greatly promote the capacity of anti-MAI and anti-ISI in the process of transmission.

**Key words:** multiple access interference; multicarrier spreading spectrum; power line communication; Intersymbol Interface; CDMA

### 下 期 要 目

- 300 MW 供热机组水环式真空泵系统技术改造
- 600 MW 机组脱硫除雾器技术改造与应用
- 不确定机组组合处理方法评述
- 大型汽轮机组汽流激振及配汽优化研究
- 人工智能技术在电力系统中的应用
- 光学技术在智能电网中的应用
- 无锡市电网谐波污染现状分析
- 超临界压力锅炉管内壁清洁程度与流动压降的关系分析
- 计量设备常规期间核查探讨
- 火电厂典型高压变频器输入侧谐波特性分析
- 基于 ELCID 的发电机定子铁芯损耗试验
- 特高压直流与常规直流工程最后断路器保护浅析