

5.2 功率发射器视图

小节5.2.1定义的协议，功率传输器必须执行---为了选择一个功率接收器进行功率传输。协议包含数字ping
小节5.2.2定义的协议，功率传输器必须执行---为了识别功率接收器和建立功率传输合约（协议）。这个协议延长了数字ping,为了使功率接收器能够传达必须的信息。小节5.2.3定义的协议---功率发射器必须执行为---当它建立功率传输（合约）协议后。在执行这个协议期间，功率发射器控制它的初级子感应区的电流，响应从功率接收器过来的控制数据。

5.2.1 Ping阶段

在 Ping 阶段，功率发射器必须执行数字Ping。这个数字Ping执行如下，在这个列表中出现较早的条件优先后出现的条件。

- ☒ 如定义功率传输器必须申请（应用）一个功率信号，这是特殊的功率传输设计（参考小节3），并尝试接收数据包。
- ☒ 如果功率发射器没有检测到第一次申请（应用）的功率信号进来的数据包的首字节的起始位在 t_{ping} ms,功率发射器会移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms内（即 减少初级子感应区的电流到 0）参考图 5-3（a）。
- ☒ 如果功率发射器正确的接收到功率强度数据包，功率发射器进入功率传输的识别配置阶段，维持功率信号在工作点如特殊功率发射器定义的那样。参考图5-3（b）。如果功率发射器没有进入识别/配置阶段，功率发射器必须移除功率信号在时间 t_{expire} ms 内---在收到信号强度数据包的校验和字节的停止位（比特位）参考图 5-3（c）
- ☒ 如果功率发射器没有正确的收到第一个数据包在时间 t_{first} ms 内---在检测第一个进来的数据包的首位后。功率发射器必须移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms内，参考图5-3（d）。
- ☒ 如果功率发射器正确的收到了除了功率强度数据包以外的其他数据包，特别是收到了结束功率传输数据包，功率发射器必须移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms内---在收到数据包的校验和字节的停止位。参考图5-3（e）

如果功率发射器没有进入识别 配置阶段，功率发射器必须返回到选择阶段。

注意图5-3的粗线表示功率信号的幅值，图的左手边是0位。虚线表示来自功率接收器可接受的通讯信息，这个应忽略上述条件。

Table 5-1: Power Transmitter timing in the ping phase

Parameter	Symbol	Value	Unit
Maximum Digital Ping duration	t_{ping}	65	ms
Power Signal termination time	$t_{\text{terminate}}$	28	ms
First Packet time out	t_{first}	17	ms
Power Signal expiration time	t_{expire}	28	ms

数字Ping持续最大值
功率信号终止时间
第一个数据包超时
功率信号过期时间

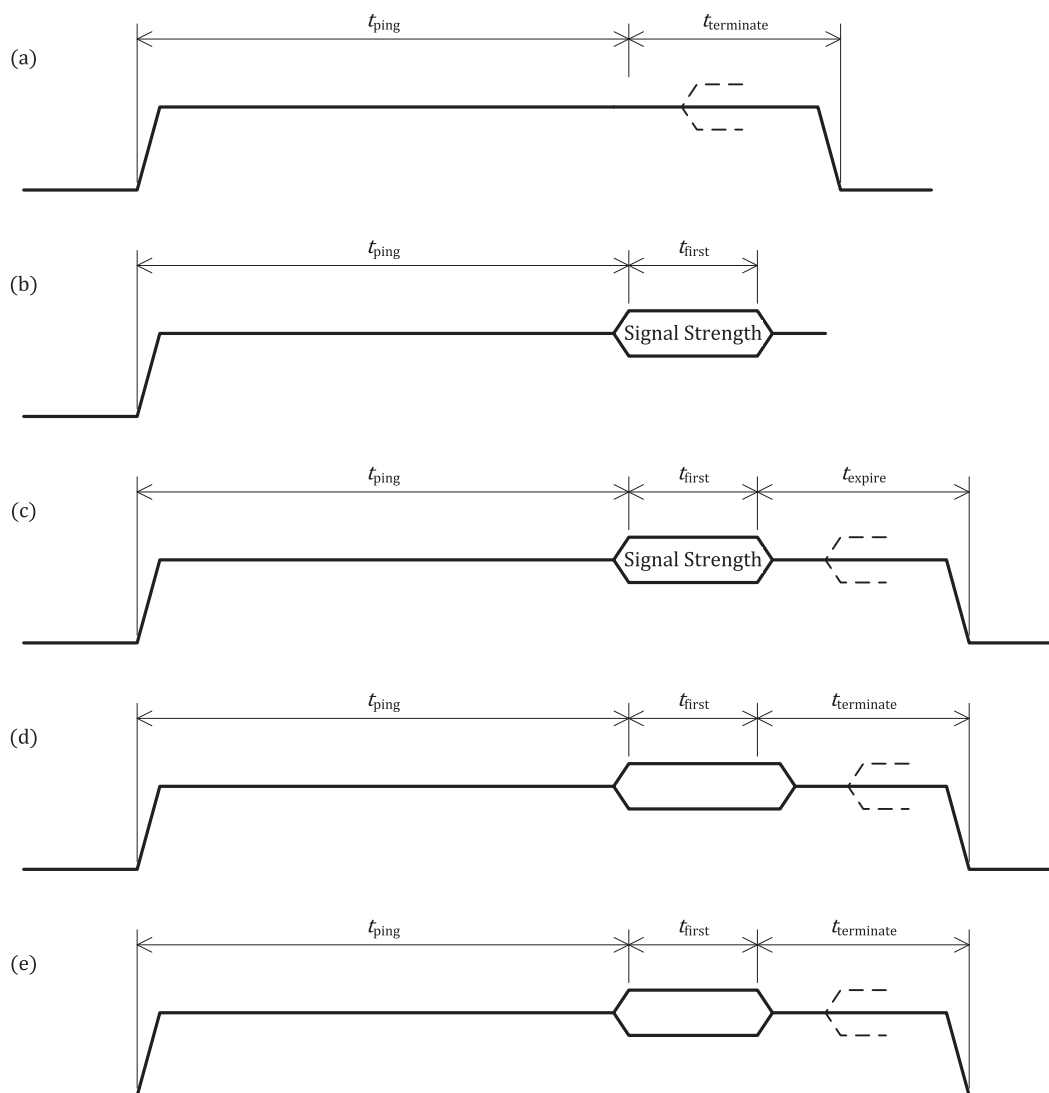


Figure 5-3: Power Transmitter timing in the ping phase

5.2.2 识别和配置阶段

在识别和配置阶段，功率发射器需识别功率接收器和收集配置信息。因为这个目的，功率发射器需正确的接收如下序列的数据包。以下列显示的顺序而不改变其工作点。

- ☒ 如果功率发射器从Ping阶段 进入识别配置阶段，一个识别数据包。
- ☒ 如果前面的识别数据包的扩展位（比特位）被设置为1，一个延长识别数据包
- ☒ 多达 7 种可选的配置数据包---从下列的设置（功率发射器接收这些数据包如果有顺序，那是不先关的）
 - o 功率控制推延迟据包。如果功率发射器收到多个功率控制延迟数据包，功率发射器需保留功率控制延迟时间 t_{delay} ---包含在接收到的最后一个功率控制延迟数据包（如下）
 - o 任何专有包（如表6-3）如果功率发射器不知道怎样处理包含在专有包中的信息，功率发射器需忽略这些信息。

System Control

o 任何保留包（参考表6-3）。功率发射器需忽略包含在保留包中的信息。

- ☒ 配置数据包。如果功率接收器接收到的可选配置数据包的数量不等于包含在配置数据包里的计数字段的值，功率发射器需移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ 内---在接收配置数据包的校验和字节的停止位，并返回选择阶段。

功率发射器需受到以下时间约束在接收一系列包时。

- ☒ 如果功率发射器在接收到序列中的直接地(刚刚)前面数据包包的校验和字节的停止位后，若在时间 t_{next} 内不能检测到下一个在序列中的包的首字节的起始位，功率发射器需在时间 $t_{\text{terminate}}$ 内移除功率信号。参考图5-4 (a)。在这种情况下直接地（刚刚）前面数据包-- 识别数据包 是信号强度数据包，功率发射器在Ping阶段收到。另外，如果功率发射器从功率传输进入识别和配置阶段，直接地（刚刚）前面数据包 --在序列中的第一个数据包不是 配置数据包（如果序列没有包含可选的配置数据包）就是 第一个可选数据包是结束功率传输数据包（功率发射器在功率传输阶段收到）。

如果功率发射器在收到那个数据包的首字节的起始位后没有正确的收到一个序列中的数据包 在时间

- ☒ $t_{\text{max ms}}$ 内功率发射器需移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ 内。参考图5-4 (b)。

- ☒ 如果功率发射器正确的收到了一个不符合以上序列的序列的数据包，功率发射器需移除功率信号在收到数据包的校验和字节的停止位后，在时间 $t_{\text{terminate}}$ 内。参考图5-4 (c)。

除了这些时间限制之外，如果功率发射器不能正确的接收一个数据包（参考小节6.2.4），功率发射器应在检测到错误后移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ 内。

当功率发射器收到配置数据包以后，功率发射器应执行以下步骤。

- ☒ 如果关系 $t_{\text{delay}}^{(\min)} \leq t_{\text{delay}} \leq t_{\text{delay}}^{(\max)}$ 不能被满足，功率发射器应返回选择阶段。此外，如果功率发射器返回选择阶段，功率发射器应在收到配置数据包的校验和字节的停止位后移除功率信号，在时间 $t_{\text{terminate}}$ 内。如果功率发射器没有收到功率控制拖延数据包，功率发射器需进行应用 $t_{\text{delay}} = t_{\text{delay}}^{(\min)}$
- ☒ 如果功率发射器正确的收到了序列中的所有数据包（参考图5-4 (d)），功率发射器可能会创建一个功率传输合约。
- ☒ 如果功率发射器创建了一个功率传输合约，功率发射器可能进入功率传输阶段。如果功率发射器没有进入功率传输阶段，功率发射器应移除功率信号在时间 $t_{\text{expire ms}}$ 内，在收到配置数据包的校验和字节停止位后。参考图5-4 (e)。
- ☒ 如果功率发射器移除了功率信号---没有进入功率传输阶段---功率发射器需返回到选择阶段。C-

Table 5-2: Power Transmitter timing in the identification & configuration phase

Parameter	Symbol	Value	Unit
Next Packet time out	t_{next}	20	ms
Maximum Packet length		170	ms

下一个数据包超时
数据包最大时间值

Table 5-3: Power control hold-off time

Parameter	Symbol	Value	Unit
Power Control Hold-off Time	$t_{\text{delay}}^{(\text{min})}$	5	ms
Power Control Hold-off Time	$t_{\text{delay}}^{(\text{max})}$	205	ms

控制拖延时间 (延时)

控制拖延时间 (延时)

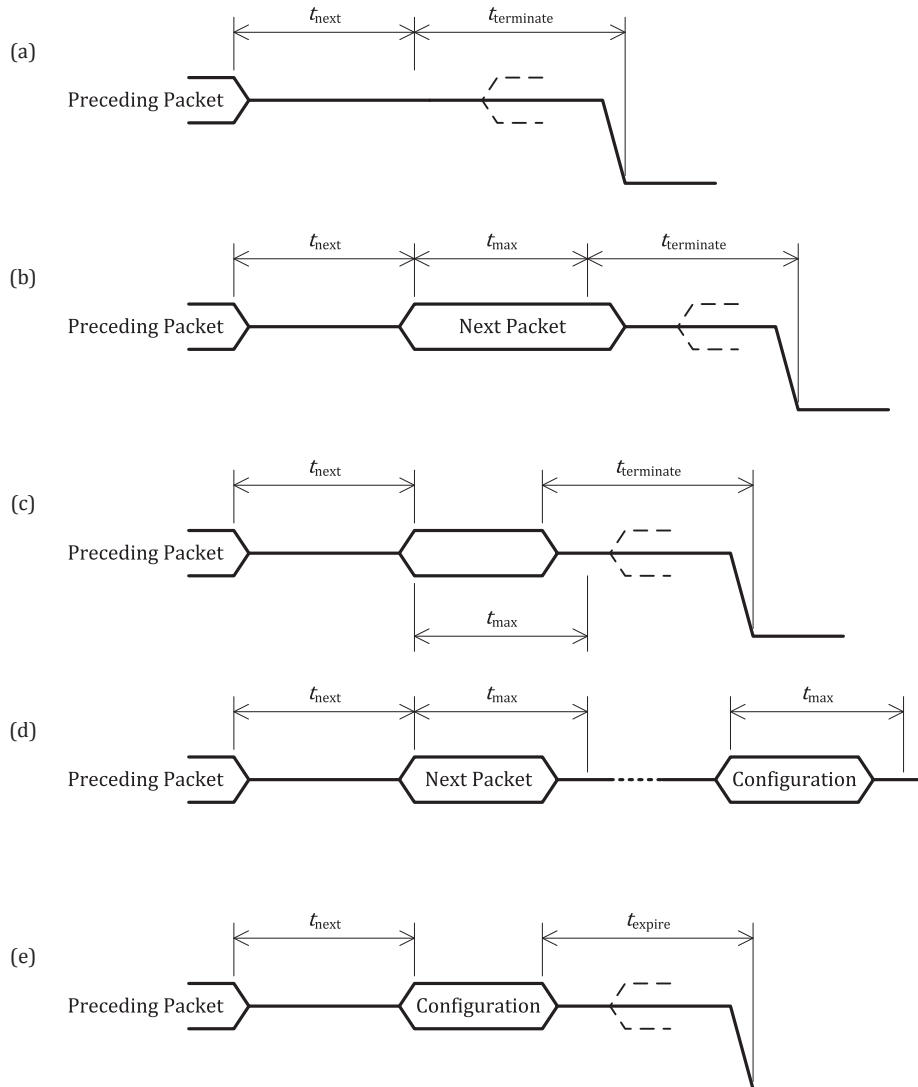


Figure 5-4: Power Transmitter timing in the identification & configuration phase

在从功率接收器得到的配置信息的基础上，功率发射器可以创建功率传输合约。无线功率传输系统描述第1卷 第1部分，没有定义功率传输合约（协议）的构成参数。无论怎样，它要求功率传输合约至少包含如下参数：

- ☒ 最大功率---功率接收器打算给它的输出提供最大功率（如得到配置数据包的最大功率字段）

5.2.3 功率传输阶段

在功率传输阶段，功率发射器控制到功率接收器的功率传输，响应它刚收到的控制数据。为这个目的，功率发射器应该接收零个或者更多的如下数据包

- ☒ 控制错误数据包
- ☒ 整流功率数据包
- ☒ 充电状态数据包
- ☒ 结束功率传输数据包
- ☒ 任何专有数据包（参考表6-3）。如果功率发射器不知道怎样处理包含在专有数据包的这些信息，功率传输器应忽略这些信息。
- ☒ 任何保留数据包（参考表6-3）。功率发射器应忽略这些包含在保留数据的信息。

功率发射器应接收以上包对象在如下时间限制下。

- ☒ 如果，在收到配置数据包的校验和字节的停止位后(功率发射器在识别和配置阶段收到)功率发射器没有正确的收到第一个控制错误数据包在 t_{timeout} ms时间内，功率发射器需移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms 内。在收到前控制错误数据包的校验和字节的停止位后，如果功率发射器没有收到正确的一个控制错误数据包在时间 t_{timeout} ms内，功率发射器需移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms 内。（参考图5-5（a））
- ☒ 如果，在收到配置数据包的校验和字节的停止位后(功率发射器在识别和配置阶段收到)功率发射器没有正确的收到第一个整流功率数据包在 t_{power} ms时间内,功率发射器需移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms 内。在收到前整流功率数据包的校验和字节的停止位后，如果功率发射器没有收到正确的一个整流功率数据包在时间 t_{power} ms内，功率发射器需移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms 内。（参考图5-5（f））

除了上述时间限制，功率发射器需执行如下动作：

- ☒ 当收到一个控制错误值时，功率发射器需校正它的工作点最多 t_{active} ms时间 内。如小节5.2.3.1定义。在做任何校验之前，功率发射器需等待 t_{delay} ms 使通讯后的初级子感应区电流再次稳定。参考图 5-5（b）
- ☒ 如果功率发射器正确的收到一个数据包但是它不符合上述序列，功率发射器需移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms 内，在收到那个数据包的校验和字节的停止位后。参考图5-5（c）
- ☒
 - 返回识别和配置阶段不改变它的工作点，如果停止功率传输编码是0X07.参考图5-5（d）
 - 移除功率信号在时间 t_{expire} ms 内,在收到结束功率传输数据包的校验和字节的停止位后，如果停止功率传输编码有任何其他值不同于0X07。参考图5-5（e）。

- ☒ 整个功率传输阶段，功率发射器需监视包含在功率传输合约中的参数。如果功率发射器检测到这些参数的真实值超过功率传输合约的限制，功率发射器需移除功率信号在时间 $t_{\text{terminate}}$ ms 内。
- ☒ 如果功率发射器移除了功率传输信号，功率发射器需返回的选择阶段。

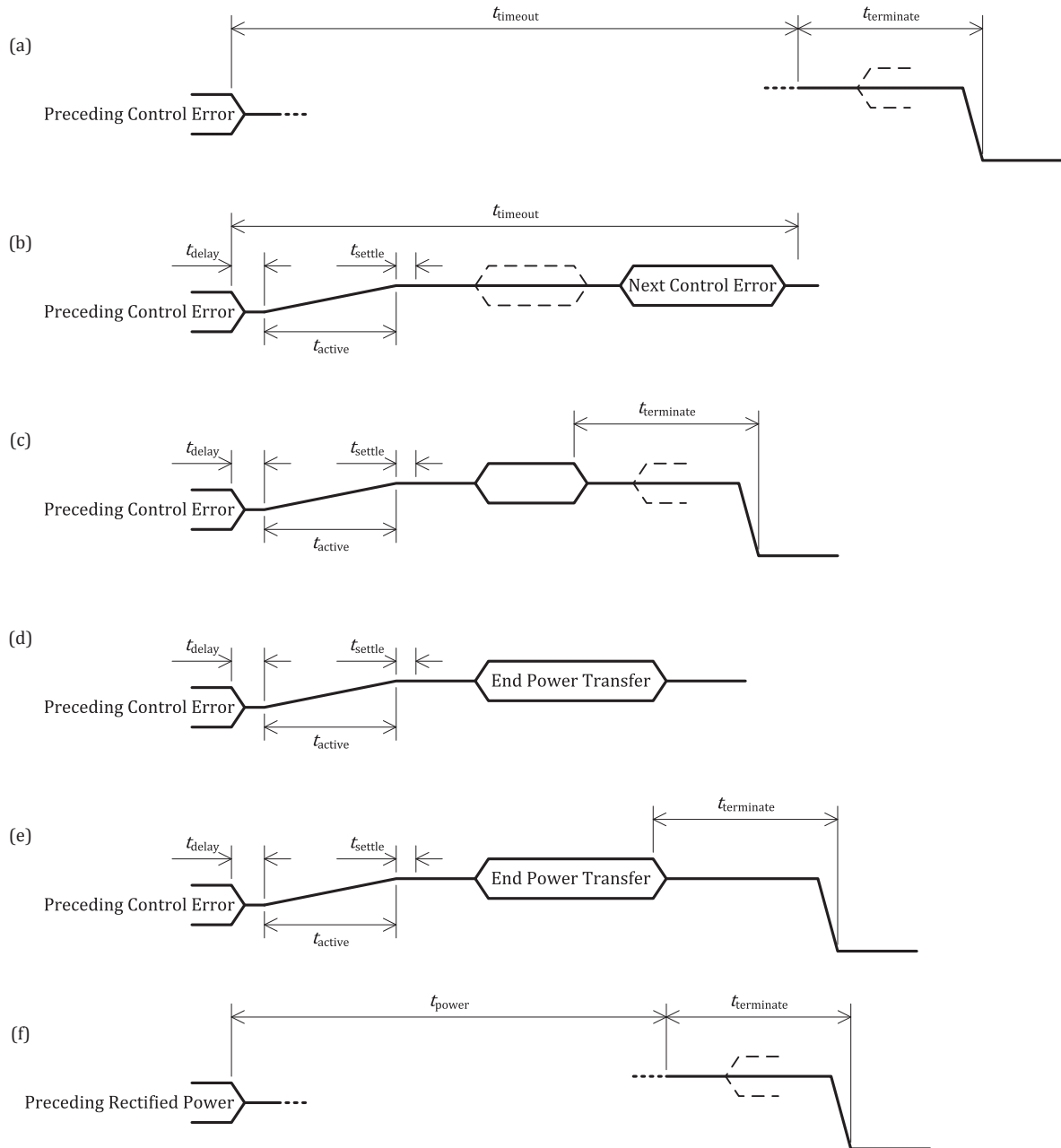


Figure 5-5: Power Transmitter timing in the power transfer phase

Table 5-4: Power Transmitter timing in the power transfer phase

Parameter	Symbol	Value	Unit
Control Error Packet time out	t_{timeout}	1250	ms
Power control active time	t_{active}	20	ms
Power control settling time	t_{settle}	3	ms
Rectified Power Packet time	t_{power}	30	s

控制错误数据包超时

功率控制有效时间

功率控制建立时间

整流功率数据包时间

5.2.3.1 功率传输控制

无线功率传输系统描述第1卷 第1部分，定义了具体的方法，功率发射器用来控制它的初级子感应区的电流使其接近新的初级子感应区的电流（参考小节5.1）。这个方法是基于分离的PID算法如图5-6。

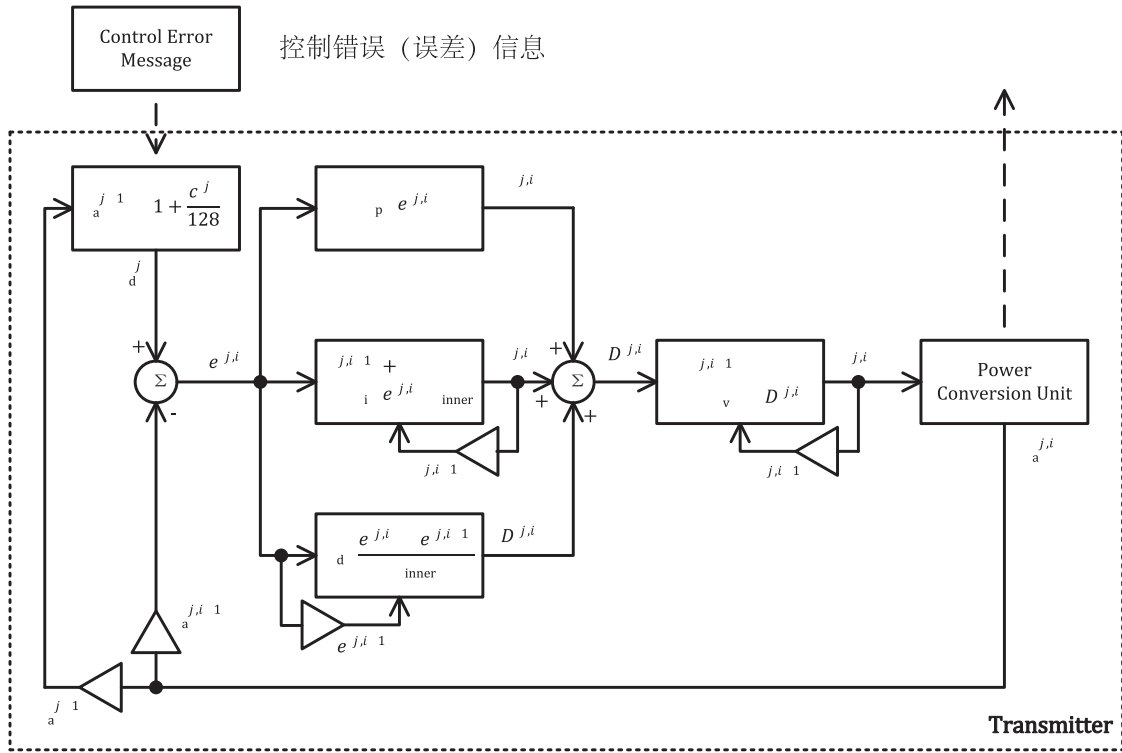


Figure 5-6: PID control algorithm

要执行此算法，功率变送器应执行大约类似的以下步骤，这些步骤的定义，索引 $j=1,2,3,---$ 标记了功率发射器接收的控制错误数据包序列。

☒ 当收到 j^{th} 控制错误数据包，功率发射器需计算初级子感应区的电流 $t_d^{(j)}$ 如

$$t_d^{(j)} = t_a^{(j-1)} \cdot \left[1 + \frac{c^{(j)}}{128} \right]$$

$t_a^{(j-1)}$ 表示真正的初级子感应区的电流---完成对先前的控制错误数据包做出反应--- $c^{(j)}$ 表示控制错误值包含在 j^{th} 控制错误数据包中，注意 $t_a^{(0)}$ 代表在功率传输开始阶段的初级子感应区的电流。

- ☒ 如果控制错误（误差）值 $c^{(j)}$ 为非零，功率发射器需校正它的初级感应区的电流在时间 t_{active} ms内因此，功率发射器需执行循环如下-- 列出的步骤。索引 $i=1,2,3\cdots i_{\text{max}}$ 标出的这种循环迭代。

- o 功率发射器需计算新的初级子感应区的电流和实际初级子感应区之间的误差

$$e^{(j,i)} = t_d^{(j)} - t_a^{(j,i-1)}$$

$t_a^{(j,i-1)}$ 代表初级子感应区的电流在循环中的迭代 $i-1$ 确定。注意 $t_a^{(j,0)}$ 代表真实的循环开始时的初级子感应区电流。

- o 功率发射器需计算 比例 积分 微分项

$$p^{(j,i)} = K_p \cdot e^{(j,i)}$$

$$I^{(j,i)} = I^{(j,i-1)} + K_p \cdot e^{(j,i)} \cdot t_{\text{inner}}$$

$$D^{(j,i)} = K_d \cdot \frac{e^{(j,i)} - e^{(j,i-1)}}{t_{\text{inner}}}$$

K_p 是比例增益， K_i 是积分增益， K_d 是微分增益， t_{inner} 是要求执行一个单独迭代循环的时间，另外积分项 $I^{(j,0)} = 0$ ，误差 $e^{(j,0)} = 0$ 。功率发射器需限制积分项 $I^{(j,0)}$ 的范围在 $-M_1 \cdots +M_1$ --如果必要的，功率发射器应用一个适当的边界值代替计算出的积分项。

- o 功率发射器需计算 比例 积分 微分项的和

$$\text{PID}^{(j,i)} = P^{(j,i)} + I^{(j,i)} + D^{(j,i)}$$

在这个计算中，功率发射器需限制 $\text{PID}^{(j,i)}$ 的和 使其保持在 $-M_{\text{PID}} \cdots +M_{\text{PID}}$ 。

- o 功率发射器需计算控制变量的新值： $V^{(j,i)} = V^{(j,i-1)} - S_v \cdot \text{PID}^{(j,i)}$

S_v 是控制变量的换算系数。另外控制变量 $V^{(j,i)} = V^{(j-1,i_{\text{max}})}$ ， $V^{(0,0)}$ 代表功率传输阶段开始时控制变量真实的值。控制变量要么是工作频率，逆变器占空比，要么是到逆变器的输出电压。如果计算出的 $V^{(j,i)}$ 超出了指定的范围（参考小节3的定义，单独的功率发射器设计），功率发射器需用一个合适的限制值代替计算出的 $V^{(j,i)}$

- o 功率发射器需申请（应用）一个控制变量新值到它的功率转换单元。

- o 功率发射器需确定初级子感应区的真实电流 $t^{(j,i)}$

迭代循环的最大数 i_{max} 和时间 t_{inner} 要求执行一个迭代循环要满足一下关系式

$$i_{\text{max}} \cdot t_{\text{inner}} = t_{\text{active}}, \text{ with } 1 \text{ ms} \leq t_{\text{inner}} \leq 5 \text{ ms}$$

- ☒ 在收到控制错误（误差）数据包的校验和字节的停止位后，功率发射器需确定初级子感应区电流 $t_a^{(j)}$ 精确地 $t_{\text{delay}} + t_{\text{active}} + t_{\text{settle}}$ ms.

参考小节3单独的功率发射器设计定义，值 K_p ， K_i ， K_d ， M_1 ， M_{PID} and S_v

5.3 功率发射器透视

小节5.3.1定义了功率接收器申请（应用）一个功率信号的初始响应。初始响应部分，功率发射器唤醒它的通讯控制单元---在没有建立和运行的情况下。小节5.3.2定义了功率发射器对数字Ping的响应，这个响应确保功率发射器和功率接收器交流（而不是和其他未知对象），小节5.3.3定义功率接收器对扩展数字Ping的响应。这种响应确保了功率发射器识别功率接收器建立功率传输合约。最后，小节5.3.4定义了功率发射器要执行的协议，控制功率发射器的功率传输。

除了小节5.3.1,5.3.2,5.3.3,5.3.4，里的时间限制之外，功率发射器应当离开 Ping, 识别和配置，或功率传输阶段在最大 t_{reset} 时间内，在功率发射器移除功率信号后（参考图 5-5）。注意 无线电力传输系统描述 第1卷 第1部分，没有定义功率接收器应该如何检测功率发射器移除了功率信号。

Table 5-5: Power Receiver timing in any phase

Parameter	Symbol	Value	Unit
Power Receiver reset time	t_{reset}	28	ms

此外，尽管小节5.3.1,5.3.2，5.3.3,5.3.4，给出了时间限制，功率接收器可能随时停止传送数据包到功率发射器。这种行为导致功率发射器移除功率信号，在假设用户移除了功率接收器从界面/感应面。推荐的行为引起功率发射器移除功率信号（当用户没有从界面/感应面移除功率信号）是传送一个停止功率数据包如小节5.3.2和5.3.4定义。

5.3.1 选择阶段

一旦功率发射器申请（应用）功率信号，功率接收器应进入选择阶段。注意 无线电力传输系统描述 第1卷 第1部分 没有定义功率接收器应该怎样检测功率发射器申请（应用）功率信号。如果功率接收器认为整流电压 V_r 足够高，功率接收器应进入 Ping 阶段 受到如下时间限制

- ☒ 功率接收器不应进入Ping 阶段，直到功率发射器连续不断的申请（应用）功率信号，至少在时间 $t_{\text{wake}}^{(\text{early})}$ ms 内
- ☒ 功率接收器不应进入Ping阶段，在功率发射器第一次申请（应用）功率信号后 时间 $t_{\text{wake}}^{(\text{late})}$ ms 内

如果功率发射器没有进入Ping阶段，功率发射器不应传输任何数据包

参考图 5-7 和表 5-6, $t_{\text{wake}}^{(\text{early})} \leq t_{\text{wake}} \leq t_{\text{wake}}^{(\text{late})}$

7 如果功率发射器已经不在选择阶段，留意 如果功率接收器需要时间启动它的通讯控制单元，功率接收器在启动时间应认为它在选择阶段。通常，功率发射器可能认为它在选择阶段，无论它在 ping 阶段要么在识别和配置阶段，要么在功率传输阶段。

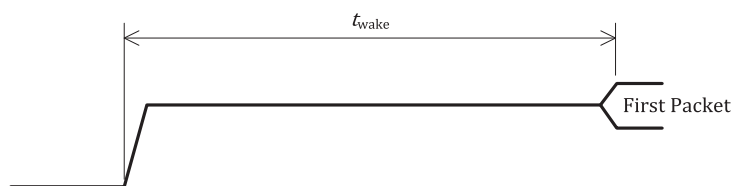


Figure 5-7: Power Receiver timing in the selection phase

Table 5-6: Power Receiver timing in the selection phase

Parameter	Symbol	Value	Unit
Wake up time (early)	$t_{wake}^{(early)}$	15	ms
Wake up time (late)	$t_{wake}^{(late)}$	58	ms

5.3.2 Ping 阶段

如果功率接收器响应了数字Ping，功率接收器应 传送 要么一个信号强度数据包 要么停止功率传输数据包 作为它第一个数据包。功率发射器应立即传输第一个数据包当进入 Ping阶段时。



Figure 5-8: Power Receiver timing in the ping phase

在功率接收器传送了一个信号强度数据包以后，功率接收器应进入识别和配置阶段，在功率发射器传送一个停止功率传输数据包后，应停留在 Ping阶段。如果是那样的话，功率接收器应该传输额外的停止功率传输数据包。

5.3.3 识别和配置阶段

在识别和配置阶段，功率接收器需传送如下序列的数据包：

- ☒ 如果功率接收器从Ping阶段进入识别和配置阶段，一个识别数据包。
- ☒ 如果前面识别数据包的扩展位 是设为 1，一个扩展识别数据包。
- ☒ 超过7种可选的配置数据包 如下设置（如果功率接收器传输这些数据包有顺序，是没有关联的）
 - o 功率控制拖延（延时）数据包，在这个包中的功率控制延时时间 t_{delay} 应满足条件：
$$t_{wake}^{(early)} \leq t_{wake} \leq t_{wake}^{(late)}$$
 参考表5-3
 - o 任何专有包（参考表6-3）
- ☒ 配置数据包

功率发射器应传送以上系列数据包，服从如下时间限制：

- ☒ 在传送 直接地（刚刚）前面数据包的校验和停止位后，功率发射器去不应该传送下一个数据包的报头，在时间 t_{silent} 内

功率发射器可以错过第一个停止功率数据包，例如，通讯错误所致，会继续应用功率信号。