

基于5G的高风光渗透率型配电网相关性纵联保护

甄凯华¹, 袁至¹, 王维庆¹, 程静¹, 糟伟红²

(1.新疆大学 可再生能源发电与并网控制教育部工程研究中心, 新疆 乌鲁木齐 830017; 2.国网新疆电力有限公司电力科学研究院, 新疆 乌鲁木齐 830011)

摘要: 在高风光渗透率型配电网中,受逆变器控制策略的影响,故障电流弱馈特征明显,传统工频电气量保护动作性能下降,甚至出现误拒动。文章分析了同步发电机和逆变型分布式电源的故障电流特征,获知配电网区内、外故障时两侧故障电流向量存在明显差异,进而提出利用相关系数度量向量相关性并构造动作判据,基于5G通信技术提出高风光渗透率型配电网相关性纵联保护新方案。仿真结果表明,所提保护方案能够快速、稳定地判别高风光渗透率型配电网线路短路故障,有较强的耐噪声能力,解决了5G时延波动对纵联保护的影响。

关键词: 纵联保护; 相关系数; 高渗透率; 5G

中图分类号: TK51; TK89; TM771 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-5292(2024)05-0685-09

0 引言

随着分布式电源大量替代常规机组,电力系统呈现高比例新能源、高比例电力电子设备的“双高”特征^[1],系统弱馈特征愈发明显,电网对故障的承受能力日渐降低,对继电保护的性能要求愈发严苛。此时,通信技术的发展推动了保护领域的进步,利用大容量、高速率、低时延的5G通信构建纵联保护成为高渗透率型配电网继电保护领域新的研究方向。

当大量逆变型分布式电源(Inverter Interfaced Distributed Generation, IIDG)接入电网后,势必带来高比例电力电子的接入,馈入电源可能呈现弱系统特征^[2],系统故障将失去明显的过流特征,并含有大量低频分量和谐波,传统依赖工频电气量的保护难以发挥作用。当发生区内故障时,大量的谐波可能导致IIDG和系统侧故障相短路电流相角差大于 90° ,致使传统纵联保护灵敏度降低,甚至拒动^[3]。为此,文献[4]基于皮尔逊相关性构建了针对可再生能源接入的配电网单相接地故障的保护方法,但适用场景单一,难以作为主保护使用。相关学者提出了基于不同相关性度量方法的纵联保护新原理,文献[5]利用皮尔逊相关系数度量波形相关性,提出了基于暂态电流波形相关性的新能源场站送出线路纵联保护。文献[6]构造了基于

余弦相似度的风电场站送出线路纵联保护原理。文献[7]构造了基于Tanimoto相似度的新能源送出线路纵联保护新原理,所提保护能够可靠、灵敏地判断新能源场站送出线路的各种短路故障,耐受过渡电阻和噪声的能力强。上述文献对各类电源电流特性进行了解析,但保护方案存在10 ms的数据窗长,且受限于光纤通信成本及其灵活性,只在新能源场站送出线进行了应用,具有一定的局限性。而5G通信技术与纵联保护相结合,为配电网应用和推广电流差动保护提供了新的解决方案^[8]。在纵联保护的5G应用方面,文献[9]提出了5G、光纤双通道综合的输电线路差动保护方案,但仍未解决差动保护对光纤的依赖,成本较高。文献[10]验证了基于5G精准时标的差动保护技术,但未考虑5G时延波动对差动保护的影响,保护灵敏度较差。文献[11]基于5G通信构建双电源配电网差动保护,该方案基于皮尔逊相关系数构建了保护判据,但没有考虑IIDG接入的影响,且仍存在数据窗长。

本文将5G通信技术的应用与相关性纵联保护相结合,提出了基于5G的适用于高风光渗透率型配电网的相关性纵联保护新方案。该方案以相关系数度量电流向量相关性构成保护判据,实现保护判据不依赖电源特性,解决故障电流受限

收稿日期: 2022-05-23。

基金项目: 新疆维吾尔自治区重大科技专项(2022A01001-4)。

通信作者: 袁至(1984-),男,博士,副教授,研究方向为风力发电机控制与并网技术。E-mail: yzisthecure@163.com

导致继电保护整定困难的问题;通过相关系数判据阈值整定,消除因 5G 通信时延抖动、噪声及谐波对保护的影响。在 MATLAB/Simulink 中搭建高渗透率型配电网模型,在不同的故障类型、噪声环境和通信时延等场景下分别进行了仿真,验证了所提保护原理的有效性。

1 高风光渗透率型配电网故障电流特性

对不同电源特性的分析是构建保护判据、构成新的保护原理的基础。基于文献[5,6]对不同电源电流特性的解析,本节给出了同步发电机及 IIDG 电流向量的解析式,分析在不同运行状态下电源输出电流向量的特性,为相关性纵联保护新方案的提出提供理论支持。

1.1 同步发电机

同步发电机三相短路电流可表示为

$$I_{\phi-S} = \sqrt{2} E_q \left(\frac{x' - x''}{x' x''} e^{-\frac{t}{T_d'}} + \frac{x - x'}{x x'} e^{-\frac{t}{T_d}} \right) \cos(\omega t + \varphi_\phi) + \frac{\sqrt{2} E_{q|0|} \cos(\omega t + \varphi_\phi)}{x} - \frac{\sqrt{2} E_{q|0|} \cos \varphi_\phi}{x''} e^{-\frac{t}{T_a}}, t \geq t_0 \quad (1)$$

式中:下标 S 表示同步发电机; E_q, x 分别为内电势和同步电抗; x'' 和 x' , T_d'' 和 T_d' 分别为次暂态和暂态下电抗和交流分量衰减时间常数; T_a 为直流分量衰减时间常数; ω 为角频率; φ_ϕ 为故障初始角; t_0 为故障时刻。

故障发生时,由式(1)可知,同步机发电短路电流特征为按指数规律衰减的工频正弦波。

1.2 逆变型分布式电源

IIDG 通过逆变器并网,与主网间存在隔离,故障特性主要受逆变器控制策略影响。为分析 IIDG 故障电流的向量特征,本文首先对可再生能源接入的电网正常运行及故障稳态时的电流向量特性进行研究。为避免 IIDG 对电网电压的影响,电网正常运行时逆变器将处于单位功率因数的运行状态,此时 IIDG 输出电流为

$$i_{\phi-N} = \frac{\sqrt{2} P}{U} \cos(\omega t + \alpha_\phi), t < t_0 \quad (2)$$

式中:下标 N 表示逆变型电源; P 为有功功率; U 为端电压; α_ϕ 为相位。

根据相关技术标准规定^[12],故障期间 IIDG 输出有功、无功电流应满足:

$$I_d \leq \sqrt{I_m^2 - I_q^2} \quad (3)$$

$$I_q \geq 1.5 \cdot (0.9 - u) I_N \quad (4)$$

式中: I_d, I_q 分别为 dq 坐标系下的有功、无功电流; u 为网侧电压; I_N 为 IIDG 的额定电流; I_m 为 IIDG 可输出的最大电流。

故障稳态时,短路电流特性将由逆变器控制策略所决定,其稳态短路电流可表示为

$$i_{\phi-N} = i_{m\phi} \cos(\omega t + \beta_\phi), t \geq t_s \quad (5)$$

式中: $i_{m\phi}$ 和 β_ϕ 分别为电流幅值和相角; t_s 为到达稳态的时刻。

故障发生后,逆变器控制系统输入量发生变化,在到达新的稳态之前,控制系统将存在一个调节过程。调节过程中控制系统输出量受逆变控制系统及输入量特性的影响,即 IIDG 暂态电流特性受控制系统结构、参数和故障条件的影响。为便于讨论,本文将暂态电流表示为

$$i = f(F, S, P, t), t_0 \leq t < t_s \quad (6)$$

式中: f 表示函数关系; F, S 和 P 分别为故障条件、控制系统结构和参数。

式(6)中故障条件是随机的、不可预测的,不同控制系统的结构和参数各异,因此暂态电流的变化规律将是不确定的,也即 IIDG 故障暂态电流呈现为无特定变化规律的波形,且不再是工频正弦波,使得依据叠加定理分解工频故障量的传统纵联保护失效。该问题可通过引入基于纵联两端电流向量的相关性构建的保护判据解决。

2 基于 5G 的配电网相关性纵联保护

随着高比例 IIDG 的接入,配电网故障特性将发生显著变化。综合本文第 1 节的分析,由于逆变控制策略的影响,故障电流被限制在额定电流的 1.2~2 倍,将使其失去传统电网故障电流的明显过流特征,且不再是工频正弦波,导致依赖同步发电机故障特性构建的传统保护方式不再适用。

根据对故障电流向量的分析,配电网线路发生区内故障时,两侧电流向量有明显差异;区外故障时,两侧电流向量差异较小。本文基于纵联两端电流向量的差异提出了一种以线路两侧三相电流向量相关性构成保护判据的 5G 纵联保护方案。

2.1 皮尔逊相关系数

皮尔逊相关系数(Pearson Correlation)是衡量向量相似度的一种方式,皮尔逊相关系数利用协

方差和方差来度量两个向量的相关程度,如下式:

$$r(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = \frac{\text{Cov}(\mathbf{X}, \mathbf{Y})}{\sqrt{\text{Var}[\mathbf{X}]\text{Var}[\mathbf{Y}]}} \quad (7)$$

式中: r 为被保护线路两侧三相电流向量的相关系数; $\mathbf{X}=\{X_1, X_2, X_3\}$; $\mathbf{Y}=\{Y_1, Y_2, Y_3\}$ 。

①当 $r(\mathbf{X}, \mathbf{Y})=1$ 时,表示向量完全相同,正相关性最强;

②当 $r(\mathbf{X}, \mathbf{Y})=-1$ 时,表示向量相反,负相关性最强;

③当 $r(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) \cong 0$ 时,表示两个向量差异较大,相关性弱。

与欧几里得距离相比,皮尔逊相关系数对向量的值做了中心化处理。

$$d(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (X_i - Y_i)^2} \quad (8)$$

式中: $d(\mathbf{X}, \mathbf{Y})$ 为欧几里得距离。

皮尔逊相关系数将两个向量中心化处理后的结果求余弦距离,相当于两组数据标准化处理之后的向量夹角的余弦,如下式:

$$\cos(\mathbf{X}, \mathbf{Y}) = \frac{\mathbf{X} \cdot \mathbf{Y}}{|\mathbf{X}| |\mathbf{Y}|} \quad (9)$$

因此,皮尔逊相关系数具有不受向量幅值大小影响的特点。

2.2 5G 通信在纵联保护的应用

为解决分布式保护间的通信要求,相比于高成本的光纤通信方案,5G 技术有更广阔的应用前景。5G R16 标准对移动宽带场景进一步增强,并针对低时延、高可靠场景进行标准化设计^[13]。同时,相比于 4G 技术,5G 拥有更成熟的移动边缘计算技术^[14],并能根据需求提供专用切片^[15],可以在带宽、精密时钟同步、安全与稳定等方面满足纵联保护的关键需求^[16]。

基于 5G 通信的纵联保护结构如图 1 所示,纵联两端通过 5G 网络连接。5G 通信技术在配电网中的应用,规避了光纤通信中铺设光纤难度大、

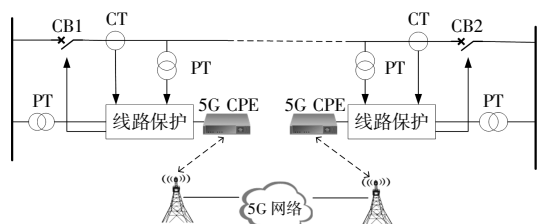


图 1 基于 5G 通信的纵联保护
Fig.1 Pilot protection based on 5G

工期长、费用高的问题。5G 通信的性能特点与配电网纵联保护的需求十分契合,可作为纵联保护新的通信通道。

在 5G R16 标准中,确定了 5G 与时间敏感网络(Time Sensitive Network, TSN)融合的方案,并提出相应的时间同步精度要求^[17]。5G 网络时间同步的实现如下:①5G 基站间时间同步;②5G 接收终端(Customer Premise Equipment, CPE)由各自覆盖区域的基站独立授时。

如图 2 所示,纵联两端的通信时延波动将对两端三相电流向量相关性的比对造成影响。5G 网络中的 URLLC (Ultra Reliable Low Latency Communication)切片有高可靠、低时延的特点,达到 10^{-6} 量级的误块率性能,小于 1 ms 的空口传输时延^[18],是 5G 通信在新型电力系统继电保护应用的保障。

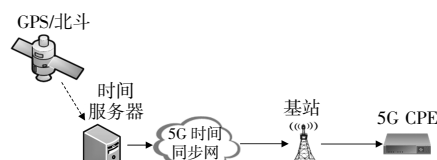


图 2 5G 网络时间同步

Fig.2 5G network time synchronization

基于 5G 通信的纵联保护端到端通道见图 3。

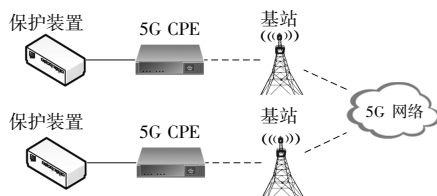


图 3 基于 5G 通信的纵联保护端到端通道

Fig.3 Pilot protection based on 5G end to end channel

5G 通信承载业务数据时,纵联保护端对端的传输时延由保护装置和 CPE 之间的传输时延、CPE 和基站之间的空口时延、基站之间的传输时延等几部分组成。

$$t = t_{cpe} + t_{air} + t_{bas} \quad (10)$$

式中: t 为端到端时延; t_{cpe} 为保护装置和 CPE 之间的传输时延; t_{air} 为空口时延; t_{bas} 为基站间的传输时延。

其中, t_{cpe} 较短且相对固定,但 t_{bas}, t_{air} 则有很大的随机性。而各基站间已经实现了微秒级的时间同步,即 5G CPE 时钟与标准时间的误差由 t_{air} 决定。

$$\Delta t = t \quad (11)$$

式中: Δt 为时钟误差。

因此,5G 授时情况下纵联两端时钟误差只须考虑 t_{air} 波动的影响。

2.3 基于 5G 的纵联保护判据构造

在高风光渗透率型配电网中,由于大量的分布式电源逆变后并入配电网中,电流波形将不完全为工频正弦波,控制策略无法完全消除谐波的存在。若将三相电流用向量表示,则三相电流的向量和将不完全为 0。根据基尔霍夫定律,线路两端的三相电流向量在发生区内故障时将存在明显差异,而发生区外故障时两侧向量差异较小,即两侧电流向量在正常运行及发生区外故障时相关系数 $r \cong 1$,在区内故障时 $r \cong 0$ 。

保护原理误差来源主要是噪音产生的幅值误差及因时延波动导致的数据同步误差,须要利用可靠系数躲过正常运行及发生区外故障时的误差。为了保证可靠性,保护整定值须在 1 的基础上乘小于 1 的可靠系数 K , K 的计算式为

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_{\text{mar}} \quad (12)$$

式中: K_1 为角度系数; K_2 为幅值系数; K_{mar} 为裕度系数。

计及纵联保护两端 5G 通信的时延波动、配电网噪声及区外故障暂态电流波动,经过大量的仿真验证,根据上述误差的最大可能值,取 $K_1=0.7, K_2=0.8, K_{\text{mar}}=0.9$,得到的保护整定值 r_{set} 为

$$r_{\text{set}} = 1 \cdot K = 0.504 \quad (13)$$

r_{set} 可以根据现场实际情况适当调整。据此,将保护整定值设置为 0.5,即保护动作判据为

$$r < 0.5 \quad (14)$$

2.4 保护实现

本文所提新原理保护步骤如下:

①保护装置启动后配电网线路两侧对三相电流进行采样,得到两侧三相电流向量;

②将三相电流向量数据通过 5G 通信传输至纵联对侧,利用式(7)计算对应时刻三相电流向量相关系数;

③若三相电流向量相关系数满足保护判据式(14),则判定线路发生区内故障,动作信号发出;

④若三相电流向量相关系数不满足保护判据式(14),则判定线路正常运行或发生区外故障,保护不动作。

3 仿真实验

为验证所提新原理保护的有效性,本文在 MATLAB/Simulink 环境中搭建高风光渗透率型配电网模型,如图 4 所示。

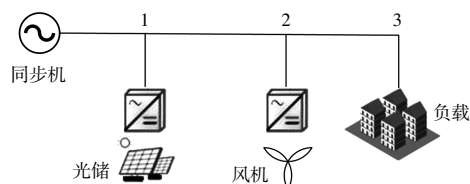


图 4 高风光渗透率型配电网

Fig.4 High wind and photovoltaic power penetration distribution network

配电网电压等级为 10 kV,每段线路长度为 10 km,同步发电机、光储场站及永磁直驱风电厂有功出力均为 0.5 MW,风光渗透率达到 50%。

3.1 5G 通信时延的影响

电网正常运行时,在不同 5G 通信时延的条件下,在仿真模型中给一端三相电流向量加以随机时延以模拟时间同步误差,计算与另一端三相电流向量的实时相关系数,仿真结果如图 5 所示。

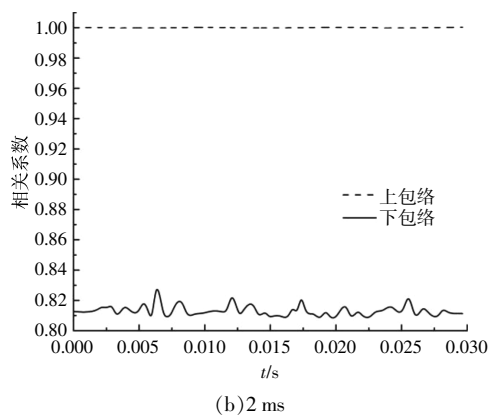
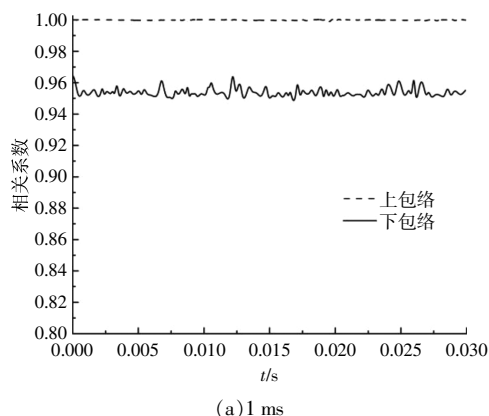


图 5 不同时延对相关系数的影响

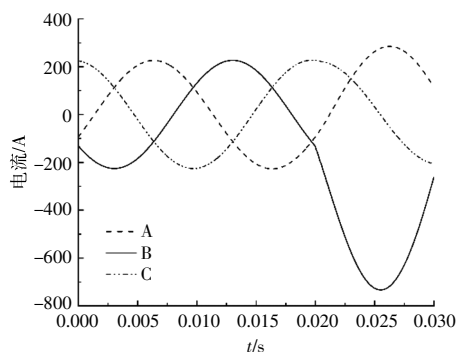
Fig.5 The influence of different time delay on correlation coefficient

仿真结果表明:该线路两端三相电流向量相关系数受到 5G 通信时延的影响,当 5G 时延在 0~1 ms 随机波动时,相关系数为 1~0.95;当 5G 时延在 0~2 ms 随机波动时,相关系数为 1~0.81。根据 5G 通信技术的发展与继电保护方案的需要,后文 5G 时延波动均设置为 0~1 ms。

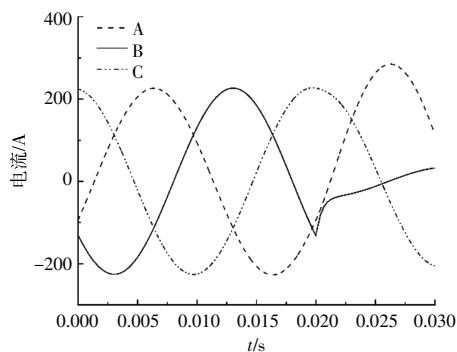
3.2 故障类型及位置的影响

3.2.1 区内故障

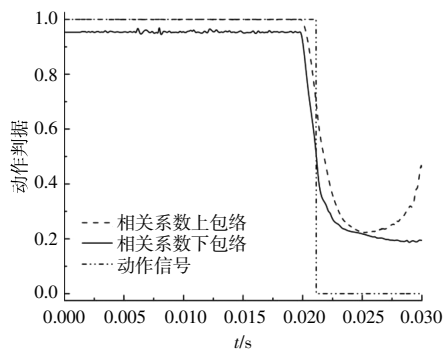
本文以 1,2 节点之间线路纵联保护为例进行讨论。设置故障位置在 1,2 节点之间,即对于被保护线路而言,该故障是区内故障。不同故障下线路两端三相电流波形及其相关性如图 6 所示。



(a) B 相接地故障左侧



(b) B 相接地故障右侧

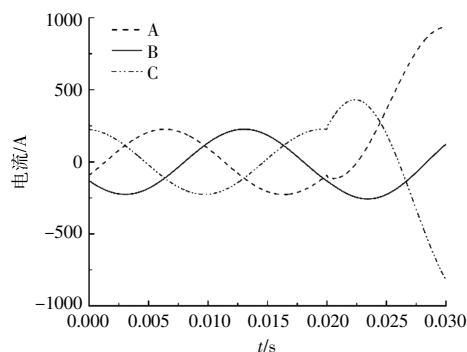


(c) B 相接地故障动作判据

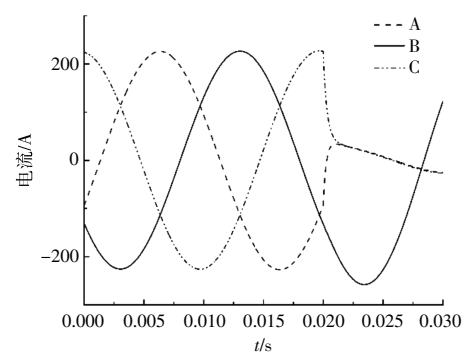
图 6 B 相接地故障
Fig.6 B-phase ground fault

如图 6 所示,当区内发生 B 相接地故障时,线路左侧流过正向的同步发电机、光储产生的接地电流,线路右侧流过反向的风电场产生的接地电流。由于高风光渗透率的影响,故障并未导致明显的过电流产生,传统的依赖工频电气量过流特征的保护难以正确动作。而线路两侧 B 相电流差异明显,同时导致两侧三相电流向量相关性发生显著变化,依据相关系数的保护可以灵敏、稳定地动作。仿真结果表明,在故障发生 1.2 ms 后保护动作信号发出,验证了该保护的速动性、可靠性。

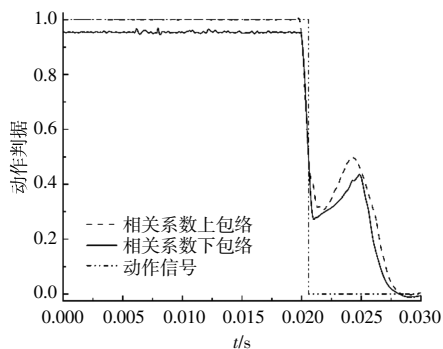
如图 7 所示,当区内发生 AC 相短路故障或 BC 相短路接地故障时,线路两侧 AC 相电流差异



(a) AC 相短路故障左侧



(b) AC 相短路故障右侧



(c) AC 相短路故障动作判据

图 7 AC 相短路接地故障
Fig.7 AC-phase short circuit grounding fault

明显,三相电流向量相关性发生显著变化,依据相关系数的保护可以灵敏、稳定地动作。仿真结果表明,在故障发生 0.6 ms 后保护动作信号发出,验证了这一结论。

如图 8 所示,当区内发生三相短路故障时,线路两侧三相电流差异明显,三相电流向量相关性发生显著变化,依据相关系数的保护可以灵敏、稳定地动作。仿真结果表明,在故障发生 0.3 ms 后保护动作信号发出,验证了这一结论。

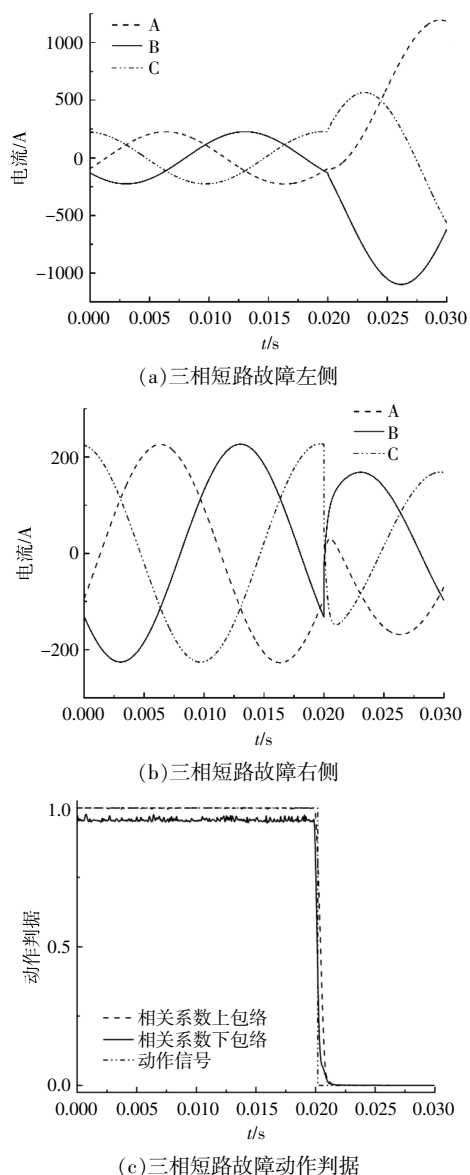


图 8 三相短路故障

Fig.8 Three-phase short circuit fault

3.2.2 区外故障

本文设置故障位置在 2,3 节点之间,即对于被保护线路而言,该故障是区外故障。不同故障下

线路两端三相电流向量的实时相关性如图 9 所示。

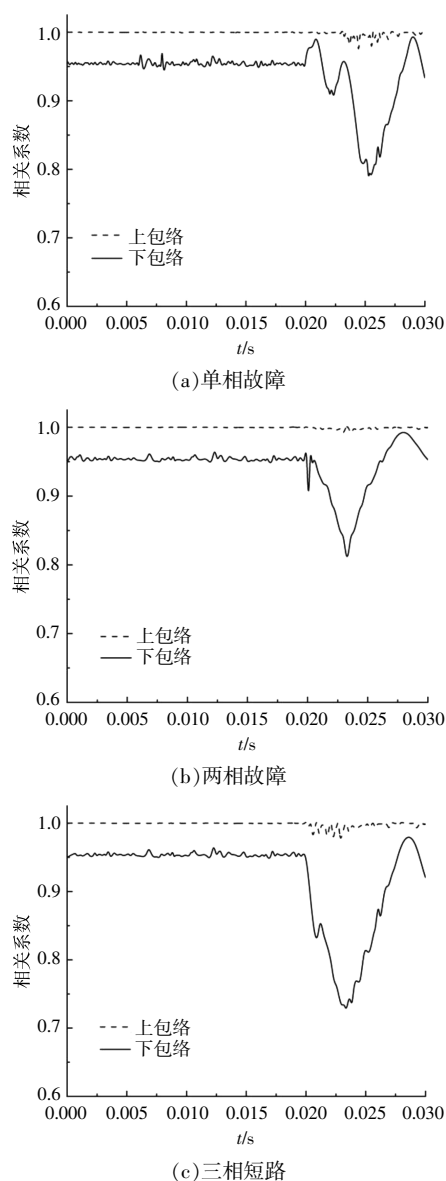


图 9 区外故障相关系数

Fig.9 Out-of-zone fault correlation coefficient

当发生区外故障时,两端流过相似的故障电流,三相电流向量相关性变化不大。考虑到短路故障时分布式电源控制策略对暂态电流的影响,其三相电流向量相关性可能有小范围波动,须要通过定值整定从而使保护在发生区外故障时不误动。仿真结果表明,该保护在发生区外故障时不误动。

3.3 噪声的影响

配电网运行环境较为复杂,须要分析杂乱的噪声信号对保护的影响。取信噪比为 10 dB 的高

斯白噪声信号同时叠加在两侧电流采样值上,对各种故障进行分析。图 10 给出了上述情形下相关系数的实时变化情况。

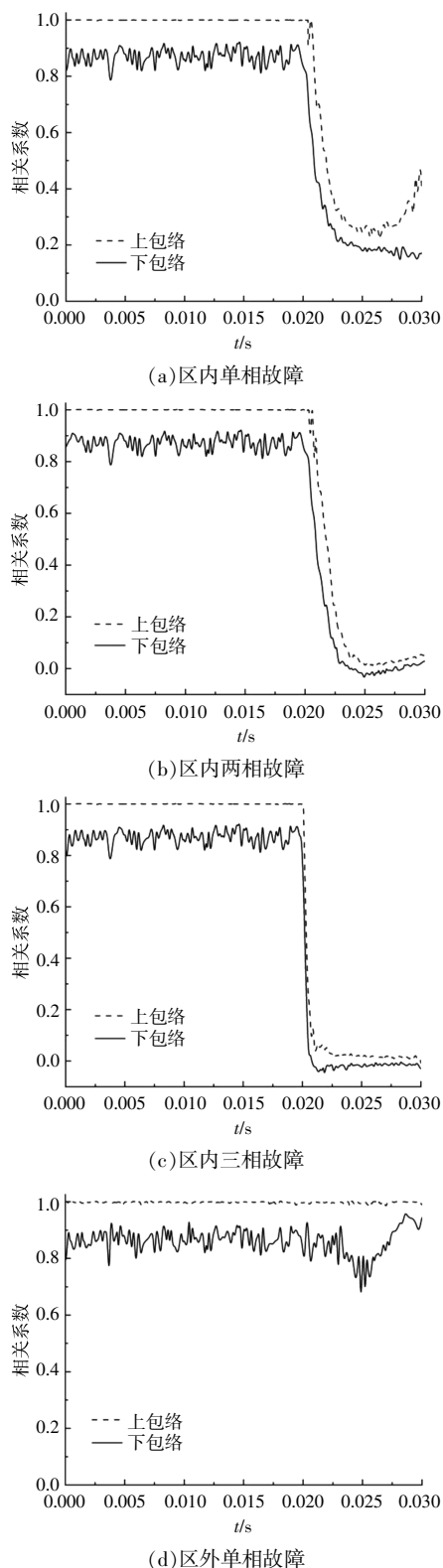


图 10 噪声下的相关系数

Fig.10 Correlation coefficient under noise

在并不常见的 10 dB 大噪声环境下,线路两侧电流向量相关性波动出现了小范围的增大,在正常运行时,相关系数从 1~0.95 增大为 1~0.85,但仍远小于保护整定值。经仿真验证,该保护方案仍能做到在各种故障条件下不拒动、不误动。可见噪声对所提保护动作性能影响较小。

3.4 保护性能分析

5G R16 标准要求端到端通信时延小于 5 ms,加之保护装置和 CPE 之间的传输时延,本文所提保护方案保护端到端时延小于 6 ms,满足 12 ms 以内的差动保护端到端时延要求。

根据 3.2 节的分析,本文保护启动延时小于 1.2 ms。图 11 给出了基于波形相关性的纵联保护和基于 5G 通信的配电网差动保护算法^[1]保护性能的对比。

由图 11 可见,本文所提保护方案不受数据窗长的限制,且保护判据为纵联两端电流向量的相关系数,速动性原理上优于上述存在数据窗长且以电流波形相关性构建判据的保护方案。仿真结果也验证了新保护方案启动延时更短。

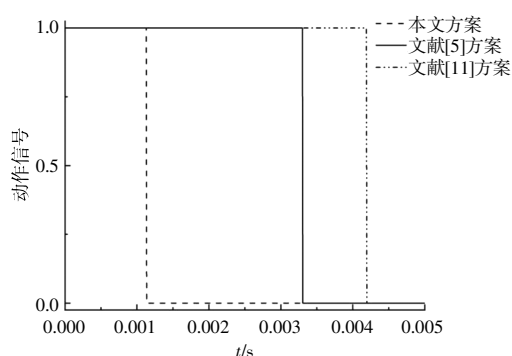


图 11 启动延时对比
Fig.11 Start-up delay comparison

4 结论

①随着新能源的发展,受逆变控制系统影响,高渗透率型配电网弱馈特征将逐渐明显,传统依赖工频电气量的保护将不再适用。

②随着 5G 通信技术的发展,基于 5G 通信的纵联保护将是有源配电网继电保护领域的有力补充。

③利用三相电流向量相关性构成的新纵联保护原理能快速、稳定地识别高风光渗透率型配电网中各种类型短路故障,适用于高渗透率型配电网、交流微电网及新能源场站送出线等可再生能源接入场景。

④所提新原理保护的速动性好、可靠性高且耐噪声能力强,解决了 5G 时延波动对保护的影响。

参考文献:

[1] 周孝信,陈树勇,鲁宗相,等.能源转型中我国新一代电力系统的技术特征[J].中国电机工程学报,2018,38(7):1893-1904,2205.
 [2] 于琳,孙华东,徐式蕴,等.电力电子设备接入电压支撑强度量化评估指标综述 [J]. 中国电机工程学报,2022,42(2):499-515.
 [3] 贾科,顾晨杰,毕天姝,等.大型光伏电站汇集系统的故障特性及其线路保护 [J]. 电工技术学报,2017,32(9):189-198.
 [4] 吴娜,刘子晖,樊淑娴.基于 Pearson 相关性的小电阻接地有源配电网接地保护 [J]. 电测与仪表,2021,58

(4):136-143.
 [5] 毕天姝,李彦宾,贾科,等.基于暂态电流波形相关性的新能源场站送出线路纵联保护[J].中国电机工程学报,2018,38(7):2012-2019,2216.
 [6] 贾科,郑黎明,毕天姝,等.基于余弦相似度的风电场站送出线路纵联保护[J].中国电机工程学报,2019,39(21):6263-6275.
 [7] 胡勇,郑黎明,贾科,等.基于 Tanimoto 相似度的光伏场站送出线路纵联保护 [J]. 电力系统保护与控制,2021,49(3):74-79.
 [8] 张建雨,姜睿智,李俊刚,等.基于 5G 通信的配电网差动保护技术研究 [J]. 电力系统保护与控制,2021,49(7):17-23.
 [9] 娄为,韩学军,韩俊,等.基于 5G 和光纤综合通道的输电线路差动保护方法 [J]. 电力系统保护与控制,2022,50(1):158-166.
 [10] 余江,黄河,陈宏山,等.5G 无线通信承载差动保护业务的应用探讨[J].电力系统保护与控制,2021,49(7):10-16.
 [11] 林军,韦恬静,蒋红亮,等.一种基于 5G 通信的配电网差动保护算法[J].电力信息与通信技术,2021,19(10):20-29.
 [12] Q/GDW 1617-2015, 光伏发电站接入电网技术规定 [S].
 [13] 3GPP TS 23.501 V16.5.0, System Architecture for the 5G System (5GS)[S].
 [14] Tran T, Hajsami A, Pandey P, et al. Collaborative mobile edge computing in 5G networks: new paradigms, scenarios, and challenges [J]. IEEE Communications Magazine, 2017, 55(4): 54-61.
 [15] Nakao A, Du P, Kiriha Y, et al. End-to-end network slicing for 5G mobile networks[J]. Journal of Information Processing, 2017, 25: 153-163.
 [16] 赵艾莹,黄杨,宋戈,等.5G 独立组网模式下的配网保护配置策略及应用[J].电力系统保护与控制,2021,49(8):24-31.
 [17] 向珉江,袁通,苏善诚,等.基于 5G 授时的配网差动保护数据同步方案[J].电力系统保护与控制,2021,49(8):8-15.
 [18] 高维良,高厚磊,徐彬,等.5G 用作配电网差动保护通道的可行性分析[J].电力系统保护与控制,2021,49(8):1-7.

Correlation pilot protection of high wind and photovoltaic power penetration distribution network based on 5G

Zhi Kaihua¹, Yuan Zhi¹, Wang Weiqing¹, Cheng Jing¹, Zao Weihong²

(1.Engineering Research Center of Education Ministry for Renewable Energy Power Generation and Grid-connected Control, Xinjiang University, Urumqi 830017, China; 2.Electric Power Research Institute of State Grid Xinjiang Electric Power Co.,Ltd., Urumqi 830011, China)

Abstract: In the high wind and photovoltaic power penetration distribution network, under the influence of the control strategy for inverter, the fault current weak-feed characteristic is obvious, the traditional power frequency protection's operation performance is declining, and even cause unwanted operation or refuse operation. In this paper, the fault current characteristics of synchronous generator and inverter interfaced distributed generation power supply are analyzed, and it is found that there is an obvious difference between the fault current vectors on both sides of the distribution network during internal and external faults, and then the correlation coefficient is used to measure the vector correlation and construct the action criteria. Based on 5G communication technology, a new scheme of correlation pilot protection for high wind and photovoltaic power penetration distribution network is proposed. The simulation results show that the proposed protection scheme can identify the short circuit fault of high wind and photovoltaic power penetration distribution network quickly and stably, has a strong ability to withstand noise, and solves the influence of 5G time delay fluctuation on pilot protection.

Keywords: pilot protection; correlation coefficient; high permeability; 5G